

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2012/3

## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	V2-1096	
<b>Naslov projekta</b>	Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture	
<b>Vodja projekta</b>	5892 Dalibor Radovan	
<b>Naziv težišča v okviru CRP</b>	5	Težišče 5: Povezovanje ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja.
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	751	
<b>Cenovni razred</b>	B	
<b>Trajanje projekta</b>	10.2010 - 03.2012	
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	246	Geodetski inštitut Slovenije
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	792	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 2.17	TEHNIKA Geodezija
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	01.	Raziskovanje in izkoriščanje zemlje

#### 2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS<sup>1</sup>

<b>Šifra</b>	2.07	
<b>- Veda</b>	2	Tehniške in tehnološke vede
<b>- Področje</b>	2.07	Okoljsko inženirstvo

#### 3. Sofinancerji<sup>2</sup>

	Sofinancerji		
1.	Naziv	Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava RS	
	Naslov	Zemljemerska ulica 12	

## B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### 4. Povzetek projekta<sup>3</sup>

SLO

Obravnavana je problematika vzpostavitve in vzdrževanja sodobne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture. Izvedena je analiza stanja obstoječe temeljne državne terestrične, nivelmanske in gravimetrične mreže. Te mreže so med seboj nepovezane, točke pa ne izpolnjujejo sodobnih zahtev. Večina mrež je slabo vzdrževanih. Sodobna geodetska infrastruktura mora zagotavljati visokokakovostno georeferenciranje v štirih razsežnostih, kar poleg informacij o lokaciji vključuje tudi časovno sestavino.

Po zgledu primerov v regiji (npr. Švicarska kombinirana geodetska mreža – CH-CGN in Nordijski geodetski opazovalni sistem – NGOS) je bil podan predlog nove večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture. Dolgoročni cilj je tudi sodelovanje pri projektu Evropske kombinirane geodetske mreže – ECGN. Predlog predvideva manjše število pazljivo izbranih točk, ki tvorijo državno kombinirano geodetsko mrežo. Združevanje geometrijskih (GNSS) in na težnosti zasnovanih (nivelmanskih in gravimetričnih višinskih) mrež je ključno posebej za določitev visokokakovostnega geoida. Kakovosten geoid bo omogočil uporabo GNSS-  
višinomerstva, kar je še posebej pomembno za uporabo metod daljinskega zaznavanja (npr. LiDAR), kjer georeferenciranje poteka s pomočjo GNSS. Da bi bili ti podatki uporabni za okoljski monitoring, kartiranje in modeliranje vplivov posledic naravnih nesreč (npr. karte poplavne ogroženosti), potrebujemo nadmorske višine visoke točnosti.

Rezultati študije vključujejo predlog oblike in umestitve mreže, smernice in priporočila za izbor mikrolokacij, navodila za postavitve (stabilizacijo) točk ter zahteve glede merilne opreme in njene namestitve. Kot optimalna rešitev glede na obliko in velikost državnega ozemlja je predlagana mreža šestih točk. Makrolokacije teh točk so določene glede na različne geometrijske kriterije v območjih polmera 25 km in povprečna razdalja med sosednjima točkama je manjša od 100 km. Priporočila za izbor mikrolokacij obravnavajo rastje, reliefne, geološke, hidrološke, podnebne in druge okoliščine. Najpomembnejša merila za izbor mikrolokacije so dostopnost, infrastruktura (elektrika in telekomunikacije), geološka stabilnost in možnost izvajanja meritev na točki. Priporočila se opirajo na ECGN-standarde, priporočila EUREF za vključitev v EPN in priporočila za EUPOS-postaje. Predvidena so stalna GNSS-, mareografska in meteorološka opazovanja. Ponavljalne meritve za potrebe ugotavljanja lokalne stabilnosti točk se bodo izvajale tudi v okviru nivelmanske in gravimetrične mreže. Poleg primarne referenčne točke bodo na lokacijah umeščene še referenčna GNSS-točka, referenčni reper, referenčna gravimetrična točka ter pomožne (predvidoma štiri) točke zavarovalne mikromreže.

ANG

Problems of establishing and maintaining of modern multipurpose national geoinformation infrastructure are discussed. An analysis of the current status of national terrestrial, levelling and gravimetric control networks is carried out. These networks are not connected to each other and the sites do not meet the criteria of modern geodetic infrastructure. The majority of these sites is not appropriately maintained. Modern geodetic infrastructure should assure the high-quality georeferencing in four dimensions, which includes location and time information. Following the examples in the region (eg. the Swiss Combined Geodetic Network – CH-CGN and the Nordic Geodetic Observing System – NGOS), the new multipurpose national geoinformation infrastructure is proposed. The long-term aim is also participating in the project of the European Combined Geodetic Network – ECGN. The proposal is composed of a small number of carefully selected sites, forming the national combined geodetic network. The integration of geometric (GNSS) and gravity-referenced (levelling and gravimetric) networks is crucial particularly for high-quality geoid determination. A new geoid model will be used for GNSS heighting. This technique become especially important for remotely sensed data (eg. LiDAR), which is georeferenced with GNSS. To be able to use this data in environmental monitoring, mapping and research on natural hazards (eg. maps of flooding threats), the ellipsoidal heights should be transformed into heights above sea level with high accuracy. Results of the study consists of the proposals for network configuration, guidelines for selection of micro locations, guidelines for building the station markers (pillars), and requirements for measuring instruments and their installation. A network of six sites is proposed as an optimal solution according to the size and shape of the country territory. Macro locations are defined as circles with radius of 25 km. Their center points are determined according to the geometrical criteria. The average distance between two adjacent sites is less than 100 km. The guidelines for selecting micro locations are dealing with the vegetation, relief, geology, hidrology, climate,

and other relevant circumstances. The most important criteria for site location selection are accessibility of site, infrastructure (electricity and telecommunication), geological stability, and possibility to perform measurements. The guidelines are based on the ECGN standards, the EUREF guidelines for EPN stations, and guidelines for EUPOS stations. Permanent GNSS, tide gauge, and meteorological stations are provided. Repeated levelling and gravimetric measurements will be performed, too. Sites consists of primary reference point, GNSS reference point, reference benchmarks for tide gauge, levelling, and gravimetric measurements and (most likely four) auxiliary points in the immediate neighbourhood, which form the local micro network.

## 5. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>4</sup>

V zadnjih dveh desetletjih sta geodetska znanost in stroka priči dramatičnemu izboljšanju kakovosti in operativnosti geometrične določitve položaja, zahvaljujoč predvsem satelitskim tehnologijam. GNSS nadomešča klasične geodetske tehnologije določitve položaja v znanstvenih in praktičnih aplikacijah. V nasprotju s tem pa ni bilo podobnega napredka pri nalogah določitve in modeliranja težnostnega polja Zemlje vse do pojava novih satelitskih gravimetričnih misij v zadnjih petih letih. Kombinacijo klasičnih geodetskih merskih postopkov (nivelman, gravimetrija) in satelitske tehnologije (GNSS in satelitske misije za spremljanje težnostnega polja Zemlje) je možno doseči samo prek mreže skupnih točk, kar imenujemo kombinirana geodetska mreža. Gre za združitev treh stebrov geodezije, ki obsegajo geokinematiko, težnost in rotacijo Zemlje. Permanentne in ponavljajoče se meritve na točkah kombinirane geodetske mreže omogočajo modeliranje časovno odvisnih sprememb zemeljskega površja, težnostnega polja Zemlje ter njene atmosfere in hidrosfere. Osnovna ideja projekta je torej podana v obliki predloga kombinirane geodetske mreže 0. reda, ki bo povezala in zavarovala referenčna ogrodja državnega omrežja stalnih GNSS-postaj, horizontalnega/terestričnega referenčnega sistema, višinskega referenčnega sistema ter gravimetričnega referenčnega sistema.

Izvedba nalog na projektu je potekala po načrtovanem programu izvedbe posameznih faz in nalog. Poleg tega so se člani projektne skupine 8. aprila 2011 udeležili 2. CROPOS-konference v Zagrebu, kjer so imeli vabljeni predavanje o vlogi in pomenu GNSS v geodinamiki in predstavitev slovenskih izkušenj z lokacijskimi storitvami v omrežju SIGNAL. Z več prispevki je projektna skupina sodelovala na 40. geodetskem dnevu z naslovom »Kakovost geodetskih in prostorskih podatkov«, ki je bil 6. – 7. maja 2011 na Ptuj. Med drugim je bila predstavljena vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. Sledila je še udeležba na 21. simpoziju EUREF v Kišinjevu, Moldavija, ki je bil 27. maja 2011. Pripravljeno in predstavljeno je bilo nacionalno poročilo za Slovenijo, ki podaja pregled stanja in aktivnosti na državnem geodetskem sistemu in vzpostavljanju Evropskega prostorskega referenčnega sistema (ESRS) v Sloveniji. Ob zaključku CRP-projekta je bila izvedena predstavitev rezultatov projekta na 17. strokovnem srečanju Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko (SZGG), ki je bilo 26. januarja 2012. Na srečanju so potekali tudi pogovori s predstavniki ARSO o možnostih sodelovanja pri nadaljnjih aktivnostih, sledil pa je še skupni sestanek med predstavniki GURS in ARSO, ki je bil 2. februarja 2012.

Sledi pregled izvedbe del in nalog po fazah projekta. V fazi 1 z naslovom »Analiza potreb in možnosti vzpostavitve kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture« sta bili izvedeni dve nalogi. Prva obsega analizo potreb in možnosti za vzpostavitev kombinirane geodetske mreže 0. reda. V okviru analize potreb po kakovostnejši geodetski infrastrukturi je bil pripravljen pregled stanja državnih referenčnih ogrodij za osnovne sestavine prostorskega referenčnega sistema: horizontalno, višinsko in gravimetrično. Problem je veliko število točk, ki so slabo vzdrževane in prilagojene klasičnim geodetskim merilnim tehnikam, vse tri mreže pa so med seboj nepovezane. Takšno referenčno ogrodje ne zadošča današnjim potrebam glede georeferenciranja. Analiza možnosti za vzpostavitev kakovostnejše infrastrukture obravnava specifične okoliščine, ki vplivajo na snovanje kombinirane geodetske mreže, in sicer obliko in velikost državnega ozemlja, reliefne, geološke, hidrološke in podnebne razmere ter vegetacijo. Druga naloga faze 1 je primerjalna analiza izkušenj pri vzpostavljanju kombiniranih geodetskih mrež v svetu in predvsem v regiji. V nadaljevanju so bile uporabljene predvsem izkušnje in švicarskega omrežja (CH-CGN) in skandinavskega omrežja (NGOS) ter smernice za Evropsko kombinirano geodetsko mrežo (ECGN).

V fazi 2 z naslovom »Izhodišča za vzpostavitev kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture« so bile izvedene tri naloge. Prva in druga naloga obravnavata aplikativne vidike vzpostavitve državne kombinirane geodetske mreže, in sicer v geodinamičnih

raziskavah, napovedovanju potresne ogroženosti, pri varstvu pred drugimi naravnimi nesrečami in v okoljevarstvu ter za izvajanje inženirskih nalog. Cilj delovanja geodezije na področju geodinamičnih raziskav je pridobitev geokinematičnega modela države, ki je osnova za opis časovno odvisnega spreminjanja geometrije prostora. Določitev položajev točk v odvisnosti od časa se navezuje na definiranje časovno odvisnega koordinatnega sistema (4D). Pomembna je vloga geoinformacijske infrastrukture pri varstvu pred naravnimi nesrečami. Posebej pomembno je združevanje različnih fizikalnih in geometrijskih merskih tehnik pri realizaciji kakovostnega višinskega sistema. Višinsko georeferenciranje pa je posebej pomembno pri analizah in napovedovanju poplavne ogroženosti, kar zahteva tudi kakovosten model (kvazi)geoida. Tretji pomemben aplikativni vidik predstavlja inženirska geodezija. Državna kombinirana geodetska mreža bo uporabniku nudila izhodišče za projektiranje lokalnih geodetskih mrež, kjer gre v prvi vrsti za zagotavljanje dobre notranje natančnosti in vzpostavitev kakovostne geometrije mreže v okviru izvedenih opazovanj. Tretja naloga faze 2 podaja analizo možnosti povezovanja državne kombinirane geodetske mreže z omrežji izven geodetske stroke. Možnosti za interdisciplinarno povezovanje z drugimi geo-omrežji ali posameznimi opazovalnicami, ki kakorkoli služijo preučevanju Zemlje kot planeta, njenega površja, notranjosti ali atmosfere, njenih fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti in procesov, ki se odvijajo, je veliko. Med obstoječimi sorodnimi omrežji v Sloveniji so bila podrobneje obravnavana: omrežje potresnih opazovalnic, omrežje vremenskih opazovalnic, mreža opazovalnic višin/pretokov rek, mreža ponavljalnih geomagnetnih točk ter astronomske opazovalnice in observatoriji.

Faza 3 z naslovom »Zasnova kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture« se sestoji in treh nalog. Prva naloga obsega opredelitev izhodiščnih zahtev glede števila/gostote in postavitve državne kombinirane geodetske mreže. Predlaganih je 6 točk kombinirane geodetske mreže 0. reda. Število točk je bilo izbrano tako, da: (a) dobimo mrežo petih (Delaunayjevih) trikotnikov, ki vsebuje eno centralno in pet obodnih točk, in (b) je povprečna dolžina stranic teh trikotnikov okoli 100 km. Makrolokacije so bile določene na podlagi kombiniranega predloga razporeditve šestih točk mreže, ki so bile določene glede na izbrane geometrijske kriterije.

Druga naloga faze 3 obsega opredelitev izhodiščnih zahtev glede izbora mikrolokacij državne kombinirane geodetske mreže, pri čemer se upoštevajo naravni, družbeni in drugi dejavniki. Grobo povzeto so izhodiščne zahteve za iskanje primernih mikrolokacij: (a) lokacija je sprejemljiva v primeru, da je zemljišče v lasti države, ministrstev, javnih agencij ipd., (b) lokacija je sprejemljiva v primeru neproblematičnega dostopa do točke z osebnim vozilom in relativno majhne oddaljenosti od večjega naselja/mesta, (c) lokacija je sprejemljiva v primeru možnosti priključitve na električno in telefonsko omrežje oz. internetne povezave, (č) lokacija je sprejemljiva v primeru lokalne geološke stabilnosti, in (d) lokacija je sprejemljiva v primeru lokacije z odprtim obzorjem (predvsem proti jugu), brez visoke vegetacije in, če v bližini ni ovir in virov elektromagnetnega sevanja ipd.

Tretje naloga faze 3 obsega pripravo predloga izbora makrolokacij državne kombinirane geodetske mreže. Predlagane točke kombinirane geodetske mreže 0. reda so razporejene glede na uporabljene geometrijske kriterije ter obliko in velikost države. Dobljene makrolokacije so določene s središči krogov polmera 25 km. Točke so poimenovane po mestih znotraj teh krogov, ki so najbližje njihovim središčem: Tolmin, Koper, Litija, Črnomelj, Dravograd in Ljutomer. Izvedena je bila analiza primernosti lokacij obstoječih geodetskih točk znotraj krogov, ki opredeljujejo makrolokacije točk kombinirane geodetske mreže 0. reda. Poleg geodetskih so bila obravnavana tudi nekatera sorodna omrežja in možnosti interdisciplinarnega povezovanja. Posebej podrobno je bila obravnavana državna mreža potresnih opazovalnic.

Faza 4 z naslovom »Priporočila za vzpostavitev kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture« obsega tri naloge. Prva naloga obsega opredelitev zahtev glede komunikacijske, energetske in druge infrastrukture na točkah državne kombinirane geodetske mreže. Med zahtevami za točke kombinirane geodetske mreže 0. reda so bili podrobneje definirane predvsem zahteve glede: (a) dostopnosti točke, (b) razpoložljive infrastrukture, (c) geološke primernosti in (č) možnosti izvajanja meritev.

Druga naloga faze 4 obsega priporočila za fizično postavitve (stabilizacijo) in ureditev zemljiškopravnih razmerij zemljišč za točke državne kombinirane geodetske mreže. Priporočila obravnavajo način stabilizacije točke in namestitve instrumentarija. Stabilizacija točk obsega: (a) primarne točke, (b) referenčne GNSS-točke, (c) referenčne reperje za niveliranje, (č) referenčne gravimetrične točke, (d) referenčne točke za mareografska opazovanja ter (e) točke zavarovalne terestrične in nivelmanske mreže.

Tretja naloga faze 4 obsega priporočila za zavarovanje točk kombinirane geodetske mreže v okviru terestrične in nivelmanske mikromreže v neposredni okolici primarne referenčne točke. Mikromreža omogoča zavarovanje referenčnih točk in določitev elementov ekscentričnosti glede na primarno referenčno točko, in sicer tako v horizontalnem kot tudi v višinskem smislu. Priporočila upoštevajo standarde ECGN.

## 6. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>2</sup>

Hipoteza projekta je, da samo kakovostna geoinformacijska infrastruktura lahko zadosti potrebam sodobne družbe. Ta infrastruktura nujno temelji na geodetski referenčni osnovi, ki združuje vse tri sestavine prostorskega referenčnega sistema: horizontalno, višinsko in gravimetrično.

Glede na analizo tujih izkušenj z vzpostavitvijo kombiniranih geodetskih mrež, posebej Švice (projekt CH-CGN) in Skandinavije (projekt NGOS), pa tudi izhodišč skupnega evropskega projekta (ECGN), je projekt kot optimalno rešitev predvidel materializacijo državne kombinirane geodetske mreže 0. reda. Za potrditev hipoteze sta bili najprej izvedeni: (a) analiza potreb za njeno vzpostavitev, in sicer za državno omrežje stalnih GNSS-postaj, za državni terestrični referenčni sistem, za državni višinski referenčni sistem, za državni gravimetrični sistem in za ostale predvidene funkcije mreže, ter (b) analizo možnosti za njeno vzpostavitev, ki se nanaša na možnost umestitve mreže, in sicer glede na obliko in velikost države, glede na reliefne danosti, glede na klimatske danosti in vegetacijo, glede na geološke, hidrološke in tektonske danosti ter glede na druge vplivne dejavnike.

Rezultati obeh analiz so potrdili tako potrebe po kombinirani geodetski mreži 0. reda, kot tudi možnosti za njeno vzpostavitev. Mreža bi pomenila optimalno povezavo doslej nepovezanih sestavin državnega prostorskega referenčnega sistema. Izvedena študija je pokazala, da je združevanje različnih merskih tehnik v okviru istega omrežja posebej pomembna za bodoči novi državni višinski referenčni sistem. Slednji se namreč šele vzpostavlja, skupaj z novim (kvazi)geoidom, ki je še posebej pomemben za uporabo GNSS-višinomerstva. Ključni razlog za visoke zahteve je, da višinski sistem za razliko od horizontalnega/terestričnega referenčnega sistema, temelji na fizikalni definiciji referenčne ploskve, ki je za modeliranje mnogo zahtevnejša od geometrijske referenčne ploskve (elipsoida).

Zahteve po novem kakovostnem geoidu pa ne izhajajo zgolj iz želje po nadomeščanju dragih merskih postopkov geometričnega nivelmana s cenejšim GNSS-višinomerstvom, ki prvega v celoti ne more nadomestiti, pač pa iz vse večje razširjenosti novih tehnologij daljinskega zaznavanja, katerih georeferenciranje temelji na GNSS (npr. LiDAR). Kakovostno višinsko georeferenciranje pa je posebej pomembno pri analizah in napovedovanju poplavne ogroženosti, ogroženosti pred plazovi in na drugih področjih, povezanih z varovanjem okolja in upravljanjem s prostorom. Vse to pa so dejavniki za kakovostno izvajanje prostorskih politik, ki omogočajo trajnostni razvoj države.

## 7. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>6</sup>

Ni sprememb projekta ali projektne skupine.

## 8. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>2</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	5673825	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vloga in pomen GNSS v geodinamiki
		ANG	The role and importance of GNSS for Geodynamics
	Opis	SLO	Človekova nemoč ob naravnih nesrečah kaže, da je naše znanje o kompleksnem sistemu Zemlja močno omejeno. Zato je razumevanje zapletenega in stalno spreminjajočega se planeta Zemlja, kako podpira življenje in kako človekova dejavnost vpliva na njegovo zmožnost, da ga bo podpirala tudi v prihodnje, eden največjih intelektualnih izzivov človeštva in družbe, ki želi blaginjo, zdravje in usmerjenost v trajnostni razvoj. Geodezija lahko in mora, ob podpori sodobne tehnologije vesoljske geodezije, prispevati znaten delež pri reševanju teh izzivov.
		ANG	Helplessness in the face of natural disasters demonstrates that our knowledge of the complex Earth's system is limited. This is why understanding the complex and permanently changing planet Earth, how it supports life, and how human activities effects its ability to support it in the

		future, is one of the greatest intellectual challenges of humanity. It relates to the great challenge for society as it seeks to achieve prosperity, health and sustainability. Geodesy, with the support of modern space geodetic technology can and has to contribute to meeting these challenges.
Objavljeno v		Državna geodetska uprava; Sveučilište u Zagrebu. Geodetski fakultet; Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije; Hrvatsko geodetsko društvo; Zbornik radova; 2011; Str. 39-42; Avtorji / Authors: Stopar Bojan, Sterle Oskar, Weber John C., Vrabc Marko
Tipologija		1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)
2.	COBISS ID	5569633   Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Stanje omrežja SIGNAL in Službe za GPS ter transformacija med lokalnimi in ETRS89-koordinatami v Sloveniji
	ANG	Status of the SIGNAL Positioning Service and Transformation between the Local and ETRS89 Coordinates in Slovenia
Opis	SLO	Predstavljen je razvoj omrežja SIGNAL, ki uporabnikom omogoča določanje položaja v realnem času z geodetsko natančnostjo. Za vzpostavitev in vzdrževanje takšne storitve na dolgi rok je nujno zagotoviti kakovostno državno geodetsko infrastrukturo. Načrtovana kombinirana geodetska mreža ničtega reda prinaša povezovanje doslej nepovezanih sestavin državnega prostorskega referenčnega sistema, ki vključuje horizontalno, višinsko, gravimetrično in GNSS-omrežje.
	ANG	Ongoing development of the SIGNAL Positioning Service is presented. The service enables real-time positioning with geodetic accuracy. To be able to maintain such a service in long term, high quality national geodetic infrastructure should be realized. The planned zero-order combined geodetic network brings the incorporation of various components of the national spatial reference system, including the terrestrial, levelling, gravimetric, and GNSS networks.
Objavljeno v		Državna geodetska uprava; Sveučilište u Zagrebu. Geodetski fakultet; Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije; Hrvatsko geodetsko društvo; Zbornik radova; 2011; Str. 73-82; Avtorji / Authors: Berk Sandi, Bajec Katja, Kozmus Klemen, Stopar Bojan
Tipologija		1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
3.	COBISS ID	5578337   Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva
	ANG	The Quality Role of Height System and Geoid Model in the Realization of GNSS Heighting
Opis	SLO	V prispevku je predstavljena primerjava določitve geoidnih višin iz geoida 2000 in testnega geoida iz leta 2010. Analizo natančnosti ploskev geoida Slovenije smo opravili s primerjavo geoidnih višin, ki jih dobimo kot razlike merjenih elipsoidnih in nadmorskih višin in tistih, ki jih interpoliramo iz modelov. Kakovost državnega modela geoida je v veliki meri odvisna od povezovanja vseh sestavin prostorskega referenčnega sistema. Najboljši način za povezavo teh sestavin je državna kombinirana geodetska mreža.
	ANG	This paper presents a quality analysis and comparison of two height reference surfaces. The first is the actual geoid model from the year 2000, and the second is the test geoid model from the year 2010. Quality analysis is based on the comparison of geoid heights determined from measured ellipsoidal and mean-sea-level heights and geoid heights interpolated from the model. Quality of a national geoid model highly depend upon integration of all the components of the spatial reference system. The best solution for integration of these components is a national combined

		geodetic network.
Objavljeno v		Zveza geodetov Slovenije; 40. geodetski dan, 6. in 7. maj 2011, Grand hotel Primus, Ptuj; Geodetski vestnik; 2011; Letn. 55, št. 2; str. 226-234; Impact Factor: 0.215; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.24; WoS: KU; Avtorji / Authors: Kuhar Miran, Berk Sandi, Koler Božo, Medved Klemen, Omang Ove Christian Dahl, Solheim Dag
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

### 9. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine<sup>8</sup>

	Družbenoekonomsko relevantni dosežki	
1.	COBISS ID	5708385 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Idejni projekt za kombinirano geodetsko mrežo ničtega reda <i>ANG</i> An Outline Scheme of the Zero-Order Combined Geodetic Network
	Opis	<i>SLO</i> Predstavljen je idejni projekt kombinirane geodetske mreže Slovenije. Kombinirana geodetska mreža omogoča združitev treh stebrov geodezije, ki obsegajo geokinetiko, težnost in rotacijo Zemlje. Na državnem nivoju bo pomenila kakovostni temelj sodobne geoinformacijske infrastrukture. Namenjena bo povezavi in zavarovanju obstoječih državnih geodetskih referenčnih ogrodij, ki se delijo na klasične terestrične, nivelmanske, gravimetrične in GNSS-mreže. <i>ANG</i> An outline scheme of the combined geodetic network of Slovenia is presented. Combined geodetic network enables to integrate the three pillars of geodesy: geokinematic, gravity field and Earth rotation. At the national level, it will serve as a good foundation of the modern geoinformation infrastructure. The aim of the network is to unite and insure the existent reference frames, divided into classical terrestrial, levelling, gravimetric, and GNSS networks.
	Šifra	F.08 Razvoj in izdelava prototipa
	Objavljeno v	Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo; Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011; 2012; Str. 37-44; Avtorji / Authors: Berk Sandi, Bajec Katja, Fajdiga Dominik, Radovan Dalibor, Komadina Žarko, Medved Klemen, Ambrožič Tomaž, Koler Božo, Kuhar Miran, Pavlovčič Prešeren Polona, Savšek Simona, Sterle Oskar, Stopar Bojan
	Tipologija	1.09 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	5708641 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Novi višinski sistem Slovenije in testni izračun geoida <i>ANG</i> The New Height System of Slovenia and the Test Geoid Computation
	Opis	<i>SLO</i> Predstavljen je projekt novega višinskega sistema Slovenije. Del tega projekta je nova nivelmanska mreža Slovenije, ki je delno že izmerjena, in testni izračun novega modela geoida. Predstavljeni sta analiza opravljene nivelmanske izmere in primerjava določitve geoidnih višin iz uradnega modela geoida iz leta 2000 in testnega modela geoida iz leta 2010. Kakovost novega prostorskega referenčnega sistema, še posebej višinske sestavine, je odvisna od kakovosti državne geodetske infrastrukture. <i>ANG</i> A project of the new height system of Slovenia is presented. Components of this project are new levelling network of Slovenia, which was in part already measured, and test computation of the new geoid model. Analysis of the levelling survey and comparison of the actual geoid model from the year 2000 and the test geoid model from the year 2010 are presented. Quality of the new spatial reference system, especially of the height component, highly depend upon the quality of the national geodetic

		infrastructure.
Šifra	F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz
Objavljeno v	Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo; Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011; 2012; Str. 91-101; Avtorji / Authors: Koler Božo, Urbančič Tilen, Medved Klemen, Vardjan Nuša, Berk Sandi, Omang Ove Christian Dahl, Solheim Dag, Kuhar Miran	
Tipologija	1.09 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci	
3. COBISS ID	5531233	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Kaskadna nekakovost geodetskih podatkov
	ANG	Cascading Poor Quality of Geodetic Data
Opis	SLO	Geodetska stroka uporabnikom zagotavlja geodetske podatke s področja osnovnega geodetskega sistema, nepremičnin in topografije, ti pa jih uporabljajo skupaj z drugimi prostorskimi podatki. V članku so opisani vzroki, ki spreminjajo paradigmo in način obravnavanja kakovosti. Ker kaskadna slaba kakovost geodetskih podatkov lahko resno ogrozi ugled geodetske stroke, so opisani sodobni primeri aplikacij in projektov, pri katerih se je to že zgodilo, podani pa so tudi predlogi za izboljšanje stanja.
	ANG	The geodetic profession provides geodetic data obtained in the fields of fundamental geodetic system, real estate and topography. Users integrate this data with other spatial data. The quality of such applications depends on the data quality; however, the providers and the users are not sufficiently aware of the cascading transfer of errors from the primary data layers to the secondary, derived data. Geodesy has traditionally considered errors mainly aspositional errors, according to the law of the transfer of errors. Since theera of widespread digitizing of geodetic data began in the 1990s, data quality in the realm of geographic information systems has been expressed withthe standardized parameters of data quality, and with metadata, of which positional accuracy is just one type. Unfortunately, in this way, the knowledge about which data is a reference can be obscured. To many users, it is not clear what is the specified quality referred to. This article describes, and intentionally uses, the term 'cascading', since for the rise ofdata quality one needs to upgrade data level by data level, starting first with the reference data and the semantic definitions of object types, and continuing by updating and harmonizing the secondary data, which were developed from the primary level. The reasons for the change of paradigm regarding the treatment of quality are considered. As the cascading poor quality of geodetic data can become a serious threat for the reputation of theprofession of geodesy, several contemporary applications and projects are described in which this has already happened. In the conclusion, proposals aregiven for improving the situationio
Šifra	F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
Objavljeno v	Zveza geodetov Slovenije; 40. geodetski dan, 6. in 7. maj 2011, Grand hotel Primus, Ptuj; Geodetski vestnik; 2011; Letn. 55, št. 2; str. 205-214; Impact Factor: 0.215;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.24; WoS: KU; Avtorji / Authors: Radovan Dalibor	
Tipologija	1.09 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci	
4. COBISS ID	5463137	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Analiza stanja pri uvajanju sodobnega višinskega sistema
	ANG	Status of the New Height System Development
		V prispevku je predstavljen predlog za novo oštevilčenje nivelmanskih poligonov in reperjev. Obravnavana je tudi analiza natančnosti izmerjenih



Opis	SLO	višinskih razlik, opravljena na podlagi odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik in odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank. Na podlagi izravnave nivelmanske mreže je ocenjena tudi natančnost določitve nadmorskih višin reperjev.
	ANG	The paper presents a proposal for a new numbering of levelling polygons and benchmarks. Furthermore, an accuracy analysis is done with regard to: measured height differences, residuals calculated from differences of the forward and backward runs, and residuals from loop closures. From the results of the levelling network adjustments, the accuracy of benchmark heights above sea level is estimated.
Šifra	F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Objavljeno v		Zveza geodetov Slovenije; 40. geodetski dan, 6. in 7. maj 2011, Grand hotel Primus, Ptuj; Geodetski vestnik; 2011; Letn. 55, št. 2; str. 215-225; Impact Factor: 0.215; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.24; WoS: KU; Avtorji / Authors: Koler Božo, Vardjan Nuša, Urbančič Tilen
Tipologija	1.09	Objavljeni strokovni prispevek na konferenci

## 10. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>9</sup>

[COBISS.SI-ID 5091842]

C.06 Članstvo v uredniškem odboru

Štirje člani projektne skupine so bili v uredništvu SSCI-revije Geodetski vestnik – osrednje slovenske revije za področje geodezije. Bojan Stopar, je bil področni urednik, Božo Koler, Miran Kuhar in Dalibor Radovan pa podpodročni uredniki.

B.02 Predsedovanje programskemu odboru konference

Bojan Stopar je bil predsednik programskega odbora 40. geodetskega dne z naslovom »Kakovost geodetskih in prostorskih podatkov«. Dogodek je organizirala Zveza geodetov Slovenije in je bil 6.–7. maja 2011 na Ptuj.

[COBISS.SI-ID 254163200] in [COBISS.SI-ID 259579904]

C.07 Drugo uredništvo

Miran Kuhar je bil urednik zbornikov predavanj na 16. in 17. strokovnem srečanju Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko (SZGG). Dogodka je organizirala Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in sta bila 27. januarja 2011 in 26. januarja 2012 v Ljubljani.

Ostalo:

Delovanje članov projektne skupine je obsegalo pedagoško dejavnost na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. Poleg predavanj beležimo s strani članov projektne skupine v času izvedbe projekta štiri mentorstva in eno somentorstvo doktorandom ter 25 mentorstev in 15 somentorstev diplomantom fakultete. Člani projektne skupine so se v letu 2011 udeležili več mednarodnih konferenc in simpozijev, med drugimi 21. simpozija EUREF v Kišinjevu, kjer so predstavili tudi nacionalno poročilo za Slovenijo, ter 2. CROPOS-konference v Zagrebu z vabljenim predavanjem in predstavitvijo novosti v omrežju SIGNAL.

Poljudni članek:

(Medved in Bajec 2011 – GV) = [COBISS.SI-ID 5579361]

21. simpozij EUREF 2011

Predavanja:

(Stopar 2011 – MOP) = [COBISS.SI-ID 5307489]

Državni koordinatni sistem Slovenije

(Radovan 2011 – MOP) = [COBISS.SI-ID 5307745]

Posledice nezanesljivega višinskega sistema za gospodarjenje z vodami

(Koler 2011 – MOP) = [COBISS.SI-ID 5307233]

Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji

(Koler 2011 – CGD) = [COBISS.SI-ID 5391969]  
Pomen višin pri upravljanju z vodami

## 11. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>10</sup>

### 11.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>11</sup>

SLO

Znanstvena področja, v katera sodi pričujoča študija, so bila v zadnjih dveh desetletjih priča dramatičnemu razvoju predvsem zahvaljujoč novim satelitskim tehnologijam. GNSS nadomešča klasične merske tehnologije v znanstvenih in praktičnih aplikacijah. Geodezija je danes znanost o določanju geometrije, težnostnega polja in rotacije Zemlje in njene evolucije skozi čas, kar vodi k definiciji »treh stebrov geodezije«, namreč geokinematike, rotacije in težnostnega polja Zemlje. Ti trije stebri so dejansko povezani drug z drugim in se skupaj spreminjajo zaradi dinamičnih procesov zemeljskega sistema kot celote.

Cilj projekta je bil pospešiti aktivnosti v Sloveniji, ki vodijo k vzpostavitvi nove, sodobne geodetske infrastrukture. Po zgledu primerov v regiji je bil podan predlog nove večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture. Dolgoročni cilj je tudi sodelovanje pri projektu Evropske kombinirane geodetske mreže (ECGN) – raziskovalnem projektu, katerega cilj je določitev visokokakovostnega modela geoida. Tako bodo rezultati projekta tudi prispevek v evropskem in svetovnem znanstvenem prostoru.

Uresničitev predlaganega načrta za kombinirano geodetsko mrežo Slovenije bo prinesla ne le spojitve različnih geodetskih omrežij (terestrične, nivelmanske, gravimetrične in aktivne GNSS-mreže), ampak tudi možnosti interdisciplinarnega povezovanja z drugimi okoljskimi omrežji, ki služijo spremljanju in preučevanju Zemlje kot planeta, njenega površja, notranjosti, hidrosfere in atmosfere ter njenih fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti kot tudi nenehnih dinamičnih procesov. Takšne raziskave postajajo vse bolj pomembne pri obvladovanju tveganja naravnih nesreč in izrednih razmer. Pomaga lahko pri izogibanju (preprečevanju) ali zmanjševanju (ublažitvi) škodljivih učinkov naravnih tveganj in naravnih nesreč v širšem kontekstu zagotavljanja trajnostnega razvoja.

ANG

The scientific fields involved in the present study have in the last two decades been witnessed a dramatic development, particularly due to the new satellite technologies. GNSS replaced classic measuring techniques in scientific and practical applications. Today, geodesy is the science of determining the geometry, gravity field, and rotation of the Earth and their evolution in time, which has led to the definition of the "three pillars of geodesy", namely geokinematics, rotation, and gravity field of the Earth. These three pillars are intrinsically linked to each other and they jointly change as a consequence of dynamical processes in the Earth system as a whole.

The aim of the project is to promote activities in Slovenia to establish a new, modern geodetic infrastructure. Following the examples in the region, the new multipurpose national geoinformation infrastructure is proposed. The long-term aim is also participating in the project of the European Combined Geodetic Network (ECGN), which is a research project aimed at high accuracy geoid model determination. In this way, results of the project will participate in the European and global scientific community.

The realization of the proposed combined geodetic network of Slovenia will bring opportunities not only to incorporate various geodetic networks (terrestrial, levelling, gravimetric, and GNSS active networks) but also to connect them to the other environmental networks for monitoring and research of the Earth as a planet, its surface, interior, hydrosphere, and atmosphere, its physical, chemical, and biological properties as well as continuous dynamical processes. All this research is becoming increasingly important for emergency management. It could help to avoid (prevention) or to limit (mitigation) the adverse impacts of natural hazards and natural disasters, within the broad context of sustainable development.

### 11.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>12</sup>

SLO

Spremljanje geokinematike je pomembno za geodetski horizontalni in višinski sistem, saj le tako lahko zagotavljamo njegovo prostorsko-časovno skladnost na dolgi rok. Ta zahteva ni le ozko geodetska; pomembna je za vse znanosti, stroke in službe, ki se tako ali drugače

ukvarjajo z naravnim okoljem in prostorom. Le kakovosten, sodoben državni prostorski referenčni sistem omogoča ustrezno georeferenciranje prostorskih danosti za izvajanje prostorskih politik na širšem zemljepisnem območju. Samo visokokakovostni prostorski podatki omogočajo ustrezno obvladovanje tveganja naravnih nesreč, pomagajo pri izogibanju ali zmanjševanju njihovih škodljivih učinkov in tako v širšem kontekstu omogočajo trajnostni razvoj.

Enoten državni višinski referenčni sistem je posebej pomemben za načrtovani projekt hidroelektrarn na srednji Savi. Podobno velja tudi za načrtovane posege in izgradnjo nove cestne in železniške infrastrukture. Vzpostavitev temeljne večnamenske geodetske infrastrukture ima v družbeno-ekonomskem smislu velik pomen iz več razlogov, omogoča/zagotavlja namreč:

1. vključevanje Slovenije v ECGN in sodelovanje v mednarodnih kampanjah za globalno spremljanje težnostnega polja Zemlje ter modeliranje časovno odvisnih sprememb v Zemljini skorji;
2. kakovostno koordinatno referenčno ogrodje državnega omrežja stalnih GNSS-postaj (SIGNAL) z namenom ustreznega fizičnega zavarovanja le-teh;
3. kakovostno določitev koordinat stalnih postaj omrežja SIGNAL z namenom zagotavljanja ustreznosti lokacijskih storitev na državnem nivoju;
4. vzpostavitev državnega geodetskega observatorija v centralni točki kombinirane geodetske mreže;
5. kakovostno koordinatno referenčno ogrodje državnega terestričnega referenčnega sistema z namenom ustreznega fizičnega zavarovanja državnega horizontalnega geodetskega datuma;
6. kakovostno zamenjavo petih uradnih EUREF-točk na območju Slovenije;
7. infrastrukturo za kakovostno spremljanje geodinamičnega dogajanja v horizontalnem smislu;
8. kakovostno koordinatno referenčno ogrodje državnega višinskega referenčnega sistema z namenom ustreznega fizičnega zavarovanja državnega višinskega geodetskega datuma – ena izmed točk kombinirane geodetske mreže bo prevzela vlogo normalnega reperja;
9. kakovostno zamenjavo EUVN-točk na območju Slovenije;
10. osnovni niz GNSS/niveliranih točk za kakovostno vpetje državnega modela (kvazi)geoida;
11. infrastrukturo za kakovostno spremljanje geodinamičnega dogajanja v višinskem smislu;
12. kakovostno referenčno ogrodje državnega gravimetričnega referenčnega sistema z namenom ustreznega fizičnega zavarovanja državnega gravimetričnega geodetskega datuma;
13. kakovostno večnamensko kalibracijsko mrežo z namenom preverjanja ustreznosti merilnih instrumentov, opreme in metod/postopkov izmere;
14. spojitve vseh referenčnih sistemov in različnih tipov geodetskih opazovanj na identičnih točkah, kar omogoča sintezo in analizo kakovosti temeljne večnamenske infrastrukture na državnem nivoju.

ANG

Monitoring of geokinematics is important in geodetic horizontal and height systems, for this is the only way to be able to assure their spatial and temporal consistency in long term. This demand is not only geodetic; it is crucial for all sciences, professions, and services dealing with the natural environment and space.

Appropriate georeferencing of spatial entities to perform spatial politics on wider area is only possible with high-quality modern national spatial reference system.

Only high-quality spatial data enable emergency management, which could help to avoid or to limit the adverse impacts of natural hazards and natural disasters, within the broad context of sustainable development.

Uniform national height reference system is particularly important for the planned project of hydroelectric power plants on the Sava river. The similar is true for the planned construction of the new road and railway infrastructure. Establishing of the fundamental multipurpose national geodetic infrastructure is from the social-economic point of view important for the many reasons; it enables/assures:

1. participation of Slovenia in the ECGN and international collaboration in global Earth gravity monitoring campaigns for modelling time-dependent changes of Earth crust;
2. high-quality coordinate reference frame for the national permanent GNSS network (SIGNAL), with the aim of their insurance against demolition;
3. high-quality fixing of coordinates of permanent stations of the SIGNAL network to be able to offer high-quality location based services on the national level;
4. construction of national geodetic observatory at the central station of the combined geodetic network;

5. high-quality coordinate reference frame for the national terrestrial reference system, with the aim of its insurance against demolition (i. e. insurance of the national horizontal geodetic datum);
6. high-quality replacement of the five official EUREF sites in Slovenia;
7. infrastructure for high-quality monitoring of geodynamics for horizontal components;
8. high-quality height reference frame for the national height reference system, with the aim of its insurance against demolition (i. e. insurance of the national height geodetic datum) – one of the sites of combined geodetic network will serve as a normal benchmark;
9. high-quality replacement of the EUVN sites in Slovenia;
10. the primary set of GNSS/levelling sites for high-quality fitting of the national (quasi)geoid model;
11. infrastructure for high-quality monitoring of geodynamics for vertical component;
12. high-quality reference frame for the national gravimetric reference system, with the aim of its insurance against demolition (i. e. insurance of the national gravimetric geodetic datum);
13. high-quality multipurpose calibration network with the aim of checking the quality/adequacy of measuring instruments, equipment, and survey procedures;
14. integration of the reference systems and various types of geodetic observations at the same sites, which enable synthesis and analysis of quality of the fundamental multipurpose infrastructure at the national level.

## 12.Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine.

### 12.1.Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- v domačih znanstvenih krogih
- pri domačih uporabnikih

**Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?**<sup>13</sup>

Po predstavitvi rezultatov projekta na 17. strokovnem srečanju SZGG je bil interes po sodelovanju izražen s strani Urada za seizmologijo in geologijo Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) ter s strani Laboratorija za geomagnetizem in areonomijo Visokošolskega središča Sežana, ki ga vodi ddr. Rudi Čop. Na skupnem sestanku sofinancerja projekta (GURS) in ARSO (mag. Mladen Živčič) so bile že dogovorjene konkretne aktivnosti glede nadaljnega sodelovanja.

### 12.2.Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- v mednarodnih znanstvenih krogih
- pri mednarodnih uporabnikih

**Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami:**<sup>14</sup>

Omeniti velja predvsem sodelovanje z Geodetsko fakulteto Univerze v Zagrebu (Sveučilište u Zagrebu) ter z Geodetskim inštitutom norveške Državne geodetske uprave (Statens kartverk) iz Hønefossa. Sodelovanje z zagrebško Geodetsko fakulteto je potekalo preko prof. dr. Tomislava Bašića, prodekana fakultete za znanstveno delo in mednarodno sodelovanje. Z Norveške sta s člani projektne skupine sodelovala predvsem eksperta za višinski sistem, dr. Ove Christian Dahl Omang in Dag Solheim.

**Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:**<sup>15</sup>

Rezultat sodelovanja članov projektne skupine s tujimi akademsko-raziskovalnimi inštitucijami je udeležba na 2. CROPOS-konferenci, ki je bila na Geodetski fakulteti v Zagrebu aprila 2011 in

kjer so imeli vabljeni predavanja o vlogi in pomenu GNSS v geodinamiki ter predstavitev slovenskih izkušenj z lokacijskimi storitvami v omrežju SIGNAL. Gre za pomembno izmenjavo izkušenj Slovenije in Hrvaške pri razvoju državnih prostorskih referenčnih sistemov. Rezultat sodelovanja z norveškimi eksperti je skupna objava znanstvenega članka o vlogi kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva ter strokovnega prispevka na 17. strokovnem srečanju Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko (SZGG) o novem višinskem sistemu Slovenije in testnem izračunu geoida.

## C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino letnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi študijo ali elaborat, skladno z zahtevami sofinancerjev

### Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba  
raziskovalne organizacije:*

in

*vodja raziskovalnega projekta:*

Geodetski inštitut Slovenije

Dalibor Radovan

### ŽIG

Kraj in datum:

### Oznaka prijave: ARRS-CRP-ZP-2012/3

<sup>1</sup> Zaradi spremembe klasifikacije je potrebno v poročilu opredeliti raziskovalno področje po novi klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevaljalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Podpisano izjavo sofinancerja/sofinancerjev, s katero potrjuje/je, da delo na projektu potekalo skladno s programom, skupaj z vsebinsko obrazložitvijo o potencialnih učinkih rezultatov projekta obvezno priložite obrazcu kot priponko (v skeniranem PDF formatu) in jo v primeru, da poročilo ni polno digitalno podpisano, pošljite po pošti na Javno agencijo za raziskovalno dejavnost RS. [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>5</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>6</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

## Zaključno poročilo o rezultatih ciljnega raziskovalnega projekta - 2012

<sup>8</sup> Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbenoekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen, kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno ekonomsko relevantnega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. v preteklem letu vodja meni, da je izjemen dosežek to, da sta se dva mlajša sodelavca zaposlila v gospodarstvu na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovila svoje podjetje, ki je rezultat prejšnjega dela ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

<sup>9</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Največ 500 znakov vključno s presledki (velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>14</sup> Največ 500 znakov vključno s presledki (velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>15</sup> Največ 1.000 znakov vključno s presledki (velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2012 v1.00c  
66-9E-87-99-80-06-37-63-13-1A-0D-FB-D7-DA-C6-48-D3-19-F6-ED



# Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture

## Končno poročilo

Ljubljana, 30. 03. 2012

**GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE**

Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, telefon: +386 1 200 29 00, faks: +386 1 425 06 77, e-pošta: info@gis.si, www.gis.si

## PODATKI O CRP-PROJEKTU

### Projekt:

Številka projekta: **V2-1096**

Naslov projekta: **Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture**

Številka pogodbe med GI in UL FGG: **H035191/P-DR**

Številka pogodbe med GI in ARRS: **H035191/P-DR (1000-10-281096)**

### Naročnik in sofinancer:

#### **Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS)**

Tivolska cesta 30, 1000 Ljubljana

Matična številka: 1937286

Identifikacijska številka za DDV: SI 88431452

Odgovorna oseba: dr. Franci Demšar, direktor

Ministrstvo za okolje in prostor (MOP)

#### **Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS)**

Zemljemerska ulica 12, 1000 Ljubljana

Matična številka: 5026334

Identifikacijska številka za DDV: SI 25661787

Odgovorna oseba: Aleš Seliškar, generalni direktor

### Izvajalca:

#### **Geodetski inštitut Slovenije (GI)**

Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

Matična številka: 5051649

Identifikacijska številka za DDV: SI 81498756

Odgovorna oseba: mag. Borut Pegan Žvokelj, direktor

#### **Univerza v Ljubljani [Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo] (UL FGG)**

Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana

Matična številka: 5085063

Identifikacijska številka za DDV: SI 54162513

Odgovorna oseba: dr. Radovan Stanislav Pejovnik, rektor

### Zastopnika pogodbe med izvajalcema:

Za GI: dr. Dalibor Radovan, vodja projekta

Za UL FGG: dr. Bojan Stopar, vsebinski zastopnik pogodbe

Za GURS: mag. Klemen Medved, skrbnik

Za ARRS: Ljiljana Lučič, skrbnica

### Sodelavci:

Geodetski inštitut Slovenije:

Sandi Berk, Katja Bajec, Dominik Fajdiga, Maja Bitenc, Janja Hari, Matija

Klanjšček, dr. Mihaela Triglav Čekada, dr. Tomaž Žagar, dr. Dalibor Radovan

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo:

dr. Tomaž Ambrožič, dr. Božo Koler, dr. Miran Kuhar, dr. Polona Pavlovčič

Prešeren, dr. Simona Savšek, mag. Oskar Sterle, dr. Bojan Stopar



**KAZALO**

<b>1 Faza 1: Analiza potreb in možnosti vzpostavitve kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture .....</b>	<b>3</b>
1.1 Analiza potreb za kakovostno geoinformacijsko infrastrukturo.....	4
1.1.1 Pomen za državno omrežje GNSS-postaj .....	6
1.1.2 Pomen za državni terestrični referenčni sistem.....	9
1.1.3 Pomen za višinski referenčni sistem .....	11
1.1.4 Pomen za državni gravimetrični sistem.....	11
1.1.5 Ostale predvidene funkcije omrežja .....	12
1.2 Analiza možnosti za vzpostavitev kakovostne geoinformacijske infrastrukture .....	13
1.2.1 Umestitev mreže glede na obliko in velikost države.....	19
1.2.2 Umestitev mreže glede na reliefne danosti .....	40
1.2.3 Umestitev mreže glede na vegetacijo in klimatske danosti .....	41
1.2.4 Umestitev mreže glede na geološke, hidrološke in geotektonske danosti .....	42
1.2.5 Umestitev mreže glede na druge vplivne dejavnike .....	44
1.3 Pregled in analiza že obstoječih kombiniranih geodetskih mrež .....	45
1.3.1 Global Geodetic Observing System – GGOS .....	45
1.3.2 European Combined Geodetic Network – ECGN .....	46
1.3.3 Nordic Geodetic Observing System – NGOS.....	48
1.3.4 Swiss Combined Geodetic Network – CH-CGN.....	50
1.3.5 Druga državna in regionalna omrežja .....	54
<b>2 Faza 2: Izhodišča za vzpostavitev kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture.....</b>	<b>55</b>
2.1 Smernice EUREF za vzpostavitev kombiniranih omrežij .....	55
2.1.1 Smernice EUREF za GNSS-postaje .....	56
2.1.2 Smernice EUREF za višinske mreže .....	57
2.1.3 Smernice EUREF za gravimetrične mreže .....	58
2.1.4 Smernice EUREF za omrežja mareografskih postaj.....	60
2.1.5 Ostale smernice, priporočila in standardi .....	61
2.2 Aplikativni vidiki vzpostavitve omrežja.....	62
2.2.1 Pomen kombinirane geodetske mreže za geodinamične raziskave in napovedovanje potresne ogroženosti .....	62
2.2.2 Pomen kombinirane geodetske mreže pri varstvu pred drugimi naravnimi nesrečami in okoljevarstvu .....	65
2.2.3 Pomen kombinirane geodetske mreže za izvajanje inženirskih nalog ..	67
2.3 Analiza možnosti povezovanja z omrežji izven geodetske stroke.....	68
2.3.1 Omrežje potresnih opazovalnic.....	68
2.3.2 Omrežje meteoroloških postaj.....	71
2.3.3 Druga sorodna omrežja .....	75
<b>3 Faza 3: Zasnova kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture .....</b>	<b>78</b>
3.1 Število/gostota točk kombinirane geodetske mreže Slovenije.....	78
3.1.1 Predlog števila točk kombinirane geodetske mreže Slovenije .....	78
3.1.1.1 Argumenti za predlagano število točk iz analize potreb.....	79
3.1.1.2 Argumenti za predlagano število točk iz analize možnosti .....	80
3.2 Obeležitev/stabilizacija točk kombinirane geodetske mreže Slovenije ...	81

3.3	Primarna točka .....	85
3.3.1	Prva možnost .....	85
3.3.2	Druga možnost .....	87
3.4	Referenčna točka GNSS .....	88
3.5	Referenčna nivelmanska točka .....	88
3.6	Referenčna gravimetrična točka .....	90
3.7	Točke zavarovalne mreže .....	90
3.8	Dejavniki izbora makrolokacij za točke kombinirane geodetske mreže Slovenije .....	92
3.9	Predlog izbora makrolokacij za točke kombinirane geodetske mreže Slovenije .....	94
3.9.1	Predlog opredelitve makrolokacij za predlagano število točk kombinirane geodetske mreže Slovenije .....	94
3.9.2	Predlog opredelitve obsega makrolokacij za predlagano število točk kombinirane geodetske mreže Slovenije .....	94
3.9.3	Analiza primernosti obstoječih lokacij znotraj predvidenih makrolokacij za predlagano število točk kombinirane geodetske mreže Slovenije .....	97
3.9.3.1	Analiza primernosti obstoječih lokacij točk geodetskih mrež .....	97
3.9.3.2	Analiza primernosti obstoječih lokacij točk sorodnih omrežij .....	101
3.9.3.3	Variantni predlogi potencialnih kandidatov za točke kombinirane geodetske mreže med obstoječimi točkami geodetskih in sorodnih mrež .....	111
<b>4</b>	<b>Faza 4: Priporočila za vzpostavitev kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture .....</b>	<b>118</b>
4.1	Zahteve za točke kombinirane geodetske mreže glede naravnih danosti in razpoložljive infrastrukture .....	118
4.1.1	Dostopnost točke .....	118
4.1.2	Razpoložljiva infrastruktura .....	119
4.1.3	Geološka primernost .....	120
4.1.4	Možnost izvajanja meritev .....	121
4.2	Zahteve za postavitve točk kombinirane geodetske mreže in ureditev lastninskopravnih razmerij .....	125
4.2.1	Zahteve glede velikosti zemljišča .....	125
4.2.2	Zahteve glede ureditve lastninskopravnih razmerij .....	128
4.2.3	Zahteve glede merilnih instrumentov in opreme .....	130
4.3	Zavarovanje točk kombinirane geodetske mreže .....	132
4.3.1	Protokol določitve horizontalnih koordinat in višin zavarovalne točke .....	132
4.3.2	Spremljanje lokalne horizontalne in višinske stabilnosti točk zavarovalne mreže .....	136
4.4	Povezava referenčnih točk za različne merske tehnologije na posamezni točki kombinirane geodetske mreže .....	138
4.4.1	Povezava nivelmanske in gravimetrične referenčne točke s primarno referenčno točko .....	140
<b>5</b>	<b>Literatura in viri .....</b>	<b>141</b>

# **1 Faza 1: Analiza potreb in možnosti vzpostavitve kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture**

*Uvod in poglavje 1.1 pripravila: FGG*

*Poglavje 1.2 pripravil: Sandi Berk, GI*

*Poglavje 1.3 pripravila: Katja Bajec, GI in FGG (povzetki)*

V zadnjih dveh desetletjih sta geodetska znanost in stroka pričeli dramatičnemu izboljšanju kakovosti in operativnosti geometrične določitve položaja, zahvaljujoč predvsem satelitskim tehnologijam. GNSS nadomešča klasične merske tehnologije določitve položaja pri znanstvenih in praktičnih aplikacijah. V nasprotju s tem pa ni bilo podobnega napredka pri nalogah določitve in modeliranja težnostnega polja Zemlje, vse do pojava novih satelitskih misij v zadnjih petih letih.

Sedanja relativna natančnost določitve geometrijskega položaja na globalni ravni znaša celo  $10^{-9}$ , in to v realnem času. Po drugi strani, višinska komponenta, kot integralni del geodetske določitve položaja, sloni na klasičnih tehnikah višinomerstva z relativno natančnostjo določitve od  $10^{-6}$  do  $10^{-7}$ . Kakovost določitve geometrijskega (horizontalnega) položaja je celo za faktor 100 višja od višine (višine v fizikalnem smislu). Obnovitveni cikel višinskega referenčnega sistema po posameznih državah je približno trideset let, torej višinska komponenta položaja ni združljiva s potrebami in možnostmi dosegljive kakovosti GNSS višinomerstva. To dejstvo zmanjšuje (slabša) geo-referenciranje prostorskih podatkov s pomočjo GNSS tehnologije glede natančnosti in učinkovitosti, kot tudi kvalitete znanstvenih kinematičnih in dinamičnih raziskav geosfere.

Podatki, pridobljeni iz satelitskih misij, namenjenih raziskovanju težnostnega polja Zemlje kot so CHAMP [Hećimović in Bašić, 2005a], GRACE [Hećimović in Bašić, 2005c] in GOCE [Hećimović in Bašić, 2005b], v kombinaciji s ponovljenimi absolutnimi meritvami težnega pospeška omogočajo, da se ta razkorak med horizontalno in višinsko komponento položaja zmanjša. Nivelmanske meritve, ki omogočajo še vedno najnatančnejšo določitev višin oz. višinskih razlik, skupaj s podatki težnosti zagotavljajo kakovostno višinsko komponento koordinatnega sistema, kot tudi dajejo vpogled v njene časovne spremembe.

Seveda je določitev kakovostne in višinske komponente koordinatnega sistema ter spremljanje njenih sprememb v času, možno samo z določitvijo ustrezno kakovostne ploskve geoida.

Kombinacijo klasičnih merskih postopkov (nivelman) in satelitske tehnologije (GNSS in satelitske misije za spremljanje težnostnega polja Zemlje) je možno izvesti samo prek mreže skupnih točk, ki tvorijo t.i. kombinirano geodetsko mrežo. Permanentne in ponavljajoče se meritve na točkah kombinirane geodetske mreže omogočajo modeliranje časovno odvisnih sprememb zemeljskega površja, težnostnega polja Zemlje, njene atmosfere in hidrosfere.

Točke kombiniranih geodetskih mrež omogočajo dolgoročno stabilnost vzdrževanja terestričnih referenčnih sistemov z natančnostjo  $10^{-9}$  na globalni, evropski, predvsem pa državni ravni.

## 1.1 Analiza potreb za kakovostno geoinformacijsko infrastrukturo

- ***Analiza potreb vzpostavitve mreže točk 0. reda, kot referenčne osnove za vsa druga omrežja in mreže v Sloveniji***

Slovenija ima nekaj referenčnih mrež/omrežij; SIGNAL, astrogeodetsko mrežo, trigonometrično mrežo, mestne geodetske mreže, navezovalne mreže, gravimetrično mrežo in nivelmansko mrežo. Točke vseh omrežij in mrež so stabilizirane na določen način, zavarovanj teh točk (razen za astrogeodetsko mrežo) pa praviloma ni. Vsak poseg (zaradi gradnje, uničenja) katerekoli točke kateregakoli omrežja pomeni poseg v referenčno geodetsko osnovo države Slovenije. Na ta način je časovna stabilnost referenčne osnove neposredno vezana na časovno stabilnosti vseh točk vseh omrežij in mrež v Sloveniji. Smotrnejše pa bi bilo izdelati enovito omrežje, ki bi zajelo čim več merskih tehnik na vsaki točki oz. postaji omrežja. Vsaka postaja omrežja bi bila tudi ustrezno geodetsko in pravno zavarovana. Za vsako mersko tehniko (GNSS, gravimetrija, nivelman, terestrična geodezija) bi imela na vsaki postaji referenčno točko. Kot superpozicijo vseh merskih tehnik bi določala ena matična referenčna točka, na katero bi bili reducirani položaji vseh referenčnih točk postaje (vzpostavljeni na osnovi različnih opazovanj oziroma različnih merskih tehnik). Na ta način bi lahko vzpostavili robustno omrežje, kjer kakršenkoli poseg v določeno geodetsko točko ne bi pomenil posega v realizacijo državnega koordinatnega sistema.

- ***Analiza stanja referenčnih sistemov v Sloveniji (višinski, horizontalni referenčni sistem)***

V Sloveniji imamo od leta 2008 v uporabi nov državni koordinatni sistem, ki temelji na evropskem horizontalnem sistemu ETRS. Realizacijo novega horizontalnega državnega koordinatnega sistema imenujemo D96/TM. Realizacija novega horizontalnega koordinatnega sistema temelji na satelitskih opazovanjih GNSS in je s pomočjo teh opazovanj ter opazovanj na podobnih permanentnih postajah v okolici Slovenije, ki imajo kakovostno določen položaj v koordinatnem sestavu ITRF, povezan tudi v ITRS koordinatni sistem. Vzpostavitev novega koordinatnega sistema je bila izvedena z obdelavo satelitskih opazovanj v okviru izmer EUREF (v letih 1994, 1995 in 1996). Geodetska mreža izmerjenih točk GNSS z ocenjenimi koordinatami tako predstavlja praktično realizacijo koordinatnega sistema ETRS, to je koordinatni sestav ETRF. Kakovost referenčnih točk iz izmer EUREF je bila ocenjena z 1cm natančnostjo za srednji termin izmere (1995.55). Tako lahko rečemo, da imamo po 15-tih letih opravka z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom, ki je realiziran z nekaj-centimetrsko točnostjo.

Kljub realizaciji in možnosti praktične uporabe novega državnega horizontalnega koordinatnega sistema (ki jo predstavlja koordinatni sestav D96/TM), pa so številni prostorski podatki še vedno podani v starem koordinatnem sistemu, ki je temeljil na astrogeodetski mreži Slovenije oziroma njeni praktični realizaciji, imenovani D48/GK. Stari horizontalni koordinatni sistem temelji na terestričnih opazovanjih iz leta 1948 in regionalnem Besselovem elipsoidu. Ocenjena natančnost tega koordinatnega sistema je bistveno slabša in ne omogoča kakovostne vključitve sodobnih opazovanj v koordinatni sistem.

- ***Analiza stanja na področju vzpostavitve in vzdrževanja referenčnih sistemov v Sloveniji***

Postopek vzpostavitve novega horizontalnega koordinatnega sistema v Sloveniji je izveden samo delno. Vzpostavitev sistema se je izvedla z obdelavo satelitskih opazovanj izmer EUREF v obdobju med letoma 1994 in 1996. Izmere so bile terminske, tako da nimamo vpogleda v časovne spremembe položajev točk, to je v časovne spremembe realizacije koordinatnega sistema. Z izgradnjo omrežja stalno delujočih postaj GNSS, to je omrežja SIGNAL, se je pojavila možnost neprekinjenega določanja položaja. S tem smo pridobili možnost časovnega spremljanja in modeliranja sprememb v realizaciji koordinatnega sistema. Do sedaj so bile točkam omrežja SIGNAL določene koordinate v novem koordinatnem sistemu in z vsakodnevno uporabo omrežja je omrežje SIGNAL postalo hrbtenica referenčnega koordinatnega sistema Slovenije. Z določitvijo koordinat točkam SIGNAL v novem koordinatnem sistemu smo izboljšali relativno točnost koordinatnega sistema, ne pa tudi njegove absolutne točnosti. Izkustveno lahko ocenimo, da je povezava med omrežjem SIGNAL in omrežjem točk EUREF določena na nivoju približno 5 cm.

- ***Vpliv kakovostne referenčne koordinatne osnove na kakovost prostorskih podatkov v Sloveniji***

Vsak prostorski podatek vsebuje poleg ustreznih atributov tudi podatek o položaju, ki je vedno opisan (podan, določen) v izbranem koordinatnem sistemu. Koordinatni sistem v geodetski stroki ni samoumevna kategorija, ampak kategorija, katero je potrebno vzpostaviti (realizirati) in vzdrževati. Vsak koordinatni sistem je vzpostavljen z določeno (točnostjo) in določeno mero časovne stabilnosti. Realizacijo koordinatnega sistema predstavlja koordinatni sestav, ki je določen z nizom fizično stabiliziranih referenčnih točk. Te točke imajo v tem koordinatnem sistemu koordinate (in, ker je zemeljsko površje podvrženo stalnemu spreminjanju, je zaželeno, tudi vektorje hitrosti sprememb položajev). Položaji vseh drugih točk so tako vezani na položaje (koordinate in vektorji hitrosti) referenčnih točk in opravljenih opazovanj. Posledica je, da je natančnost koordinat novodoločenih točk vedno slabše točnosti kot je točnost koordinat referenčnih točk. Točnost določitve vsakega novodoločenega položaja točke kvadratično pada s točnostjo položaja referenčne točke in natančnosti opazovanj. Tako koordinatni sestav nizke točnosti zagotavlja točnost prostorskih podatkov še nižje točnosti. Koordinatni sestav visoke točnosti pa po drugi strani zagotavlja prostorske podatke visoke točnosti samo v primeru kakovostne izvedbe geodetske izmere. Kakovost referenčne osnove predstavlja torej izhodišče za kakovost vseh prostorskih podatkov v državi.

- ***Vpliv kakovostne referenčne koordinatne osnove na kakovost izvajanja posegov v prostor (prostorsko načrtovanje, ruralno planiranje, kmetijstvo, varstvo pred naravnimi nesrečami: poplave, plazovi,...)***

Kakovostno izvajanje posegov v prostor je prav tako trdno povezano s kakovostjo državne referenčne osnove. Določene naloge pri posegih v prostor so sicer izvedljive tudi z zmerno kakovostjo referenčne osnove (prostorsko načrtovanje, ruralno planiranje, kmetijstvo), medtem ko določene naloge (spremljanje plazov, poplave ...) zahtevajo visoko kakovost državnega koordinatnega sistema na celotnem državnem ozemlju. Ne glede na (majhne) razlike obeh področij uporabe prostorskih podatkov pa ni smiselno vzpostavljati državnega koordinatnega sistema različne kakovosti za različne možnosti uporabe, ampak je smiselno in ključnega pomena vzpostaviti enoličen in homogen koordinatni sistem na območju cele države.

### 1.1.1 Pomen za državno omrežje GNSS-postaj

- ***Pomen mreže točk 0. reda, kot mreže točk, nadrejene omrežju SIGNAL***

Omrežje SIGNAL trenutno predstavlja referenčno osnovo za večino geodetskih nalog. Problem omrežja je v kakovosti določenih koordinat (nekaj cm, nepoznavanje časovnih vplivov na koordinate točk omrežja) in v sami stabilizaciji omrežja (strehe objektov v privatni lasti). Pri določevanju koordinat točk omrežja SIGNAL je potrebno točke s satelitskimi opazovanji povezati z referenčnimi točkami, ki imajo kakovostno določene koordinate in vektorje hitrosti v globalnem (ITRF) koordinatnem sestavu. Te točke se nahajajo le v širši okolici Slovenije. V primeru kakovostno določene referenčne osnove v Sloveniji (mreža 0. reda), bi bilo možno navezati točke omrežja SIGNAL na krajše oddaljenosti, kar bi pomenilo večjo kakovost vklopa točk omrežja SIGNAL v globalni koordinatni sestav.

- ***Stanje državnega omrežja Slovenije SIGNAL (način stabilizacije postaj, lastništvo objektov, dolgoročna stabilnost in zanesljivost omrežja)***

Postaje omrežja SIGNAL so vzpostavljene na objektih, ki so v privatni ali občinski lasti. Nobena izmed postaj ni stabilizirana na objektu, ki bi bil v lasti države (oz. GURS-a). Posledično to pomeni visoko stopnjo nestabilnosti zaradi možnih posegov v objekte (obnova, zamenjava strehe, rušitev ...), kjer so točke stabilizirane. Vsak poseg v objekt pomeni spremembo položaja točke SIGNAL, kar pomeni spremembo geometrije omrežja SIGNAL in posledično spremembo referenčne koordinatne osnove.

Dodatno, nobena izmed postaj (razen postaje Koper, ki je stabilizirana na mareografski postaji v Koprju) ni stabilizirana na ustrezen način (globoko temeljenje s piloti). Postaje so stabilizirane na strehah stavb na kovinskih drogih. Tak način stabilizacije pomeni številne vplive na položaj točke, ki imajo izvor v lokalni okolici in ne odražajo pravega položaja te točke. S stališča položajne natančnosti postaje to pomeni v splošnem dokaj slabšo natančnost položaja, kot ga imajo primerljive postaje po Evropi (EPN – angl. European Permanent Network) in svetu (IGS – angl. International GNSS Service).

- ***Kakovost določitve koordinat točk omrežja SIGNAL***

Koordinate točk omrežja SIGNAL so pridobile koordinate v koordinatnem sestavu ETRF na osnovi obdelav opazovanj leta 2005 (takrat delujočih 5 postaj), leta 2007 skupno z Mini EUREF izmero (vseh 15 postaj) in leta 2009 (vseh 15 postaj). Glavni namen obdelave je bila ocena koordinat vsem postajam v novem koordinatnem sestavu ETRF. Ocenjena natančnost koordinat točk za termine izmer je na nivoju 1 centimetra. Opazovanja, na osnovi katerih so bile pridobljene koordinate točk, so bila izvedena samo v terminu enega tedna. Na ta način imamo ocenjene samo koordinate točk omrežja za teden izmere, nimamo pa vpogleda v časovne spremembe položajev točk omrežja. Na osnovi preliminarnih izračunov geokinematičnega modela Slovenije lahko ocenimo, da so položaji točk omrežja SIGNAL v sedanosti določeni samo še z nekajcentimetrsko natančnostjo. Ta natančnost je zadovoljiva za večino nalog, ki so vezane na kataster, planiranje, kmetijstvo itd. Za vse druge (geodetske) naloge (naloge višjega kakovostnega nivoja, kot npr. inženirske naloge, spremljanje stabilnosti naravnih in antropogenih objektov) pa je natančnost postaj omrežja SIGNAL prenizka. Posledično se je potrebno navezati na permanentne postaje izven Slovenije (točke daleč stran – slabša natančnost), oz. v primeru terestričnih opazo-

vanj vzpostaviti kakovostno lokalno koordinatno osnovo, kar pomeni dodatna dela in stroške.

- ***Vpliv dodatnih točk na kakovost storitev v omrežju SIGNAL***

Parameter povečanja števila referenčnih točk pomeni prispevek h kakovosti referenčnega sistema. Na ta način imamo več možnosti navezave poljubne točke na referenčno ogrodje, poleg tega se oddaljenosti do referenčnih točk zmanjšajo, kar pomeni višjo točnost položaja točke. Večje število referenčnih točk pomeni tudi večjo stabilnost referenčne osnove in manjši vpliv grobih pogreškov (npr. premik poljubne točke) na samo koordinatno osnovo.

- ***Pomen za časovno stabilnost postaj omrežja SIGNAL (4D sistem), spremljanje stabilnosti postaj omrežja SIGNAL***

Kakovostna stabilizacija omrežja 0. reda na geološko stabilnih tleh, primernih za satelitske in terestrične izmere bi omogočilo stabilnost ocenjenega položaja točk skozi čas. Kakršnekoli spremembe položaja točk so samo posledica globalne oz. regionalne geodinamike in ne lokalnih vplivov. Tega stanja pri postajah omrežja SIGNAL ni. Obdelava opazovanj obeh sistemov bi podala možnost spremljanja lokalnih vplivov na postaje omrežja SIGNAL. Določitev položaja poljubne točke tako ne bi bilo obremenjeno z lokalnimi vplivi na točkah omrežja SIGNAL.

- ***Povezava točk omrežja SIGNAL s trajno stabiliziranimi točkami, ki imajo poleg položaja v GNSS-koordinatnem sistemu dobro določene tudi druge attribute (višina komponenta, težni pospešek)***

Kombinacija in povezovanje točk/postaj, na katerih izvajamo različne tipe opazovanj, ima velik pomen za izboljšanje kakovosti položajev točk. Na ta način lahko izkoristimo prednosti določenih merskih tehnik in odstranimo oz. zmanjšamo slabosti oz. pomanjkljivosti drugih merskih tehnik. Navezava opazovanj, ki so vezana na geometrični prostor (referenčni elipsoid) in opazovanj, ki so vezana na težnostno polje Zemlje (geoid), omogoča absolutno orientacijo geoida.

- ***Podpora pri vzpostavitvi novih točk v primeru sprememb lokacij točk permanentnih postaj omrežja SIGNAL***

Zaradi že omenjenih problemov stabilizacije točk omrežja SIGNAL (lastnina objektov, geološko in geodinamično neprimerne točke...), je ključnega pomena imeti niz (množico) točk, ki so stabilne, tako v prostorskem kot v časovnem smislu in katerih pravni status je urejen. Ob problemih sprememb lokacij točk omrežja SIGNAL bi mreža 0. reda pomenila zavarovanje omrežja SIGNAL. Mreža 0. reda bi tako predstavljala referenčno koordinatno ogrodje za omrežje SIGNAL oziroma za zgostitev državnih geodetskih mrež. Sprememba položaja ene točke tako ne bi posegala v stabilnost in kakovost realizacije koordinatnega sistema. Hkrati pa bi bila nova lokacija morebiti premaknjene točke enostavno in hitro določena v enotnem referenčnem koordinatnem sistemu.

## • **Zavarovanje stalnih postaj omrežja SIGNAL**

Ker bodo točkam 0. reda položajni atributi določeni z različnimi merskimi tehnikami, bodo točke 0. reda predstavljale referenčno osnovo točkam omrežja permanentnih postaj SIGNAL. Določitev referenčne osnove za omrežja permanentnih GNSS-postaj je pomembno pri:

- vrednotenju premikov posamezne permanentne postaje omrežja SIGNAL,
- pri ponovni vzpostavitvi točk permanentnih postaj omrežja SIGNAL in
- pri spremembi lokacij točk permanentnih postaj omrežja SIGNAL.

### **AD a)**

Glede na to, da obsežnejše študije stabilnosti objektov, na katerih se nahajajo GNSS-permanentne postaje, niso bile narejene, sta v časovni vrsti spremljanja položajev točk posamezne permanentne postaje hkrati vključena vpliva sprememb položajev točk zaradi nestabilnosti objekta (mikrolokacija) kot tudi vpliv sprememb položajev točk zaradi geodinamičnih dogajanj v širši okolici (makrolokacija). V primeru določitve prvega vpliva (izvor v mikrolokaciji) bi lahko s časovno vrsto bolj natančno določili geodinamično dogajanje v širši okolici permanentnih GNSS-postaj. Povezava permanentnih postaj s točkami 0. reda bo služila za določitev premikov na ožjem območju permanentne postaje. Hkrati bo boljša določitev položajev permanentnih GNSS-postaj vodila do kvalitetnejših uporabniških storitev omrežja SIGNAL.

### **AD b)**

GNSS-permanentne postaje so lahko podvržene poškodbam zaradi zunanjih dejavnikov (vremenski vplivi, potresi ...). Poškodbe na GNSS-permanentni postaji bi lahko opredelili na dveh nivojih in sicer:

- poškodbe stavbe, na kateri se nahajajo;
- poškodbe konkretno stabilizirane GNSS-antene.

Da bi v primeru poškodb posamezne permanentne GNSS-postaje lahko le-to ponovno vzpostavili, bi se morali navezati na referenčno osnovo, realizirano z mrežo točk 0. reda. Uničenje ali poškodovanje posamezne permanentne GNSS-postaje (pa tudi zamenjava merske opreme na postaji) pomeni pravzaprav prekinitve časovne vrste položajev točk permanentne postaje za namen geodinamičnih meritev. Povezava točk permanentnih postaj z drugimi trajno stabiliziranimi točkami pomeni, da bi se v primeru uničenja in ponovne vzpostavitve permanentne postaje sicer časovna vrsta položajev točk ponovno vzpostavila, vendar z znano vezjo med staro in novo časovno vrsto, ki bi bila določena na osnovi opazovanj točk 0. reda.

### **AD c)**

Ker je delovanje omrežja permanentnih GNSS-postaj vezano na daljše časovno obdobje, lahko pride do prekinitve pogodbenih razmerij najema stavb ali celo do sprememb lastništva stavb, na katerih se permanentne postaje nahajajo. V takem primeru bo potrebno poiskati novo primerno lokacijo permanentne GNSS-postaje. Tudi v tem primeru bi se časovna vrsta spremljanja položajev točk permanentne GNSS-postaje prekinila, z novo lokacijo pa vzpostavila nova. V primeru, da bi bil za obe točki GNSS-permanentne postaje položaj določen tudi na osnovi meritev, vezanih na točke 0. reda, bi med staro in novo časovno vrsto lahko vzpostavili vez,



kar bi bilo pomembno tako pri daljšem spremljanju geodinamičnih dogajanj na širšem območju države kot tudi pri vzpostavljanju kontinuitete kakovosti uporabniških storitev na celem območju države.

Ne glede na to, za kakšen namen se vzpostavlja referenčna osnova za GNSS-permanentne postaje, bo dodatna povezava točk omrežja permanentnih GNSS-postaj s točkami, ki imajo poleg položaja v GNSS-koordinatnem sistemu dobro določene tudi druge attribute (višinska komponenta, težni pospešek), vplivala tudi na boljšo kakovost storitev v omrežju SIGNAL. Položaji točk omrežja SIGNAL bodo z vzpostavitvijo referenčne osnove 0. mreže določeni na osnovi obdelave opazovanj na »aktivnih« (SIGNAL) in »pasivnih« (0. mreža) točkah.

### **1.1.2 Pomen za državni terestrični referenčni sistem**

- ***Povezava »aktivnih« in »pasivnih« geodetskih točk in mrež GNSS z mrežo 0. reda***

Mreža 0. reda pomeni osnovno mrežo, ki realizira državni koordinatni sistem Slovenije. Da se vsem točkam določi koordinate v (enotnem) državnem koordinatnem sistemu, je potrebno vse točke (pasivne, aktivne) navezati na omrežje 0. reda. Na ta način zagotovimo enoten koordinaten sistem tako v prostoru kot tudi v času za vse točke Slovenije. Tako nismo vezani na zunanje koordinatno ogrodje (IGS točke, koordinatni sestav ITRF).

- ***Navezava terestričnih geodetskih mrež na točke 0. reda***

Ključnega pomena za splošno geodetsko stroko so terestrične mreže, ki morajo biti razvite na ustreznih območjih, kjer bi se pojavila potreba po terestrični mreži. Le-te omogočajo izhodišče za vse strokovne naloge v geodeziji. Zato je potrebno vsem točkam terestričnih mrež določiti koordinate v državnem koordinatnem sistemu, ki je realiziran z mrežo 0. reda. Navezava se izvede s satelitskimi in terestričnimi metodami izmere.

- ***Vzpostavitev mreže točk 0. reda ne omogoča realizacije terestričnega koordinatnega sistema in tudi ne zapolnjuje vrzeli pri realizaciji terestričnega koordinatnega sistema na celotnem državnem ozemlju.***

S široko uporabo tehnologije GNSS in uveljavitvijo novega globalnega koordinatnega sistema obstoječe trigonometrične in mestne mreže ne izpolnjujejo več zahtev sodobne terenske izmere. Koordinate točk so določene v starem koordinatnem sistemu, večinoma neuporabne in uničene, na državnem nivoju niso več vzdrževane. Zato se v praksi pojavljajo problemi pri kombinaciji terestrične in GNSS izmere predvsem pri državni topografski in katastrski izmeri. Zahteve Pravilnika o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk so zastarele in ne predpisujejo več zahtev in možnosti sodobne terenske izmere. Kombinirana geodetska mreža 0. reda ne more izpolnjevati zahtev za realizacijo terestričnega koordinatnega sistema na celotnem ozemlju države, lahko pa predstavlja kakovostno navezavo terestričnih geodetskih mrež na točke kombinirane geodetska mreže 0. reda.

Zato je potrebno v tej zvezi definirati izhodišča in predlagati naslednji **koncept**:

Predlagamo vzpostavitev geodetskih **mestnih** mrež na urbaniziranih območjih, na območjih bodoče urbanizacije ter na območjih gradnje infrastrukturnih objektov. Referenčni okvir mestnih mrež – obod okrog mest bi predstavljale novo vzpostavljene točke mestne mreže, ki bi bile določene z izmero GNSS in navezane na kombinirano geodetsko mrežo 0. reda. Točke naj bodo trajno stabilizirane in omogočajo izmero, neodvisno od izbrane merske tehnologije. Referenčne točke mestne mreže naj imajo koordinate določene v D48/GK in D96/TM koordinatnem sistemu. Kakovostno naj imajo določeno tako položajno kot tudi višinsko komponento. Izmero in izračun referenčnih mestnih mrež naj izvede pooblaščen inštitucija. Referenčno mestno mrežo za potrebe detajlne topografsko-katastrske izmere z gostimo s klasično terestrično izmero, tam, kjer teren to dopušča, pa tudi z izmero GNSS. Zaradi uporabe sodobne tehnologije ni več potrebna enakomerna gostota točk, temveč jo prilagajamo potrebam in zahtevam v praksi. Gostota točk naj bi bila odvisna od stopnje pozidanosti ali gostote zemljiško-katastrskih parcel. Lahko bi definirali gostoto točk mestne mreže na enoto površine v odvisnosti od stopnje pozidanosti ali vrednosti zemljišč. Pri vzpostavitvi referenčnih mestnih mrež upoštevamo zahteve izmere GNSS ter strategije razvoja občinskih prostorskih dokumentov, pri zgoščanju referenčnih mestnih mrež pa zahteve klasične terestrične geodetske izmere. Referenčne mestne mreže naj vzpostavlja pooblaščen inštitucija, zgoščanje referenčnih mestnih mrež pa naj izvajajo geodetska podjetja, izbrana na javnih razpisih, skladno s podrobnim protokolom. V protokolu je potrebno predvideti pooblaščen inštitucijo za kontrolo izmeritvenih elaboratov za namen zgoščanja referenčnih mestnih mrež.

Če povzamemo:

- vzpostavitev »terestričnih geodetskih mrež«, kjer jih potrebujemo: urbanizirana območja, bližina infrastrukture, območja bodoče urbanizacije, območja gradnje infrastrukturnih objektov gostota točk naj bi bila odvisna od gostote objektov oz. stopnje pozidanosti ali gostote zemljiško-katastrskih parcel – lahko se definira kot št. točk na enoto površine v odvisnosti od stopnje poseljenosti oz. gostote zemljišč (morda tudi od vrednosti zemljišč);
- pri vzpostavitvi terestričnih geodetskih mrež upoštevamo strategije razvoja iz občinskih prostorskih dokumentov, definirati bi bilo potrebno število točk v bližini urbanih središč, ki naj bi imele določene vse attribute (položajna, višinska sestavina) (opredeliti, zakaj je to nujno);
- povezavo med točkami na določenem območju s točkami na drugem območju bi zagotavljala GNSS-tehnologija (2D položaj) in nivelman;
- referenčni okvir za vzpostavitev terestričnih geodetskih mrež so točke, določene z GNSS (vzpostavitev novih GNSS mrež);
- točke GNSS so (dobro) stabilizirane;
- izračun geodetskih mrež GNSS izvaja ena ustanova;
- med referenčnimi točkami razvijemo ustrezno (poligonsko), dovolj gosto mrežo;
- poligonske točke so stabilizirane kot do sedaj (kamni in kovinski čepi);
- vzpostavitev, izmera – podjetje se izbere na razpisu (kdorkoli).

### 1.1.3 Pomen za višinski referenčni sistem

- **Zavarovanje vertikalnega datuma**

Za spremljanje stabilnosti nivelmanske mreže na določenem območju smo imeli v nivelmanski mreži I. reda (NVN) na 30 km – 40 km stabilizirane fundamentalne reperje. Fundamentalni reperji so bili stabilizirani za izmero II. NVN. Posamezni fundamentalni reperji so uničeni (Kranj, Trojane ...), zato zgoraj navedena trditev ne drži več. Dodatne ECGN točke, ki bi bile stabilizirane na geološko primernih mestih in na katerih bi ciklično izvajali (permanentno) GNSS opazovanja (višine), bi predstavljale možnost za globalno kontrolo stabilnosti nivelmanske mreže na posameznih območjih Slovenije. Poleg tega bi lahko ciklične GNSS izmere izvajali na primernih fundamentalnih reperjih. Tako bi kontrolirali stabilnost nivelmanske mreže na ožjih območjih. Na osnovi velikosti vertikalnih premikov, pa bi lahko v bodoče določili območja, kjer bi bilo potrebno izvajati dodatne nivelmanske in gravimetrične izmere. Poznavanje vertikalne stabilnosti določenega območja je pomembno tudi z vidika geodinamike na območju Slovenije.

Za potrebe georeferenciranja različnih podatkov, ki jih uporabljajo različni sektorji na državnem in lokalnem nivoju, bo rasla potreba (oziroma je že prisotna) po lociranju podatka v prostoru v realnem času. Če v položajnem smislu to ne predstavlja več večjega problema, je ta problem še vedno velik v določitvi višine v realnem času. Klasične terenske metode izmere višinskih razlik in določitve višin tega ne omogočajo v realnem ali skoraj realnem času, zato bo v bodoče potrebno zagotoviti določitev nadmorske višine z GNSS višinomerstvom. Za prehod z elipsoidne višine v nadmorsko višino nujno potrebujemo geoid centimetrskosti natančnosti, ki bo dobro vklopljen v višinski referenčni sistem Slovenije.

V okviru mreže ECGN točk imajo velik pomen tudi mareografske postaje, saj predstavljajo povezavo z nivojem morja. MP Koper že izpolnjuje kriterije za ECGN-točko, saj smo na MP Koper izvedli meritve, ki jih navajajo pri ECGN točkah, razen absolutne gravimetrične izmere. Poleg tega se na MP Koper nahaja meteorološka postaja, ki permanentno zajema meteorološke parametre.

- **Izhodišče za kontrolo ostalih fundamentalnih reperjev**
- **Zagotovitev referenčne osnove za spremljanje stabilnosti in premikov**

### 1.1.4 Pomen za državni gravimetrični sistem

- **Zagotavljanje gravimetričnega datuma**

Pričakujemo, da bo del gravimetričnih točk 0. reda (absolutne gravimetrične točke) prevzetih kot ECGN točk. Ostale ECGN točke je smiselno stabilizirati na takšnih mestih, da bodo nadomestile/dopolnile ostale absolutne gravimetrične točke, ki so se izkazale za problematične. Takšna je točka AGT 100 Bogenšperk, kjer je potrebno uvesti spremljanje nivoja podtalnice, ki se zbira v vodnjaku v gradu Bogenšperk. Druga je točka AGT 300, ki se nahaja v prostorih gradu v Sevnici, kjer razmišljajo o odprtju gostinskega lokala, ki bi lahko otežil dostopnost točke.

- **Dopolnitev 0. gravimetrične mreže**
- **Spremljanje stabilnosti z izvajanjem absolutnih gravimetričnih meritev**

### **1.1.5 Ostale predvidene funkcije omrežja**

- ***Točke 0. reda služijo kalibraciji merske opreme in merskih postopkov (večkratna določitev položaja, večje število neodvisnih opazovanj, večje število nadštevilnih opazovanj, kakovosten, neodvisno določen položaj)***

Točke 0. reda lahko služijo tudi kalibraciji merske opreme in merskih postopkov, kajti geometrija medsebojne lega točk (različnih merskih tehnik na posamezni postaji) bo določena z najvišjo dosegljivo kakovostjo.

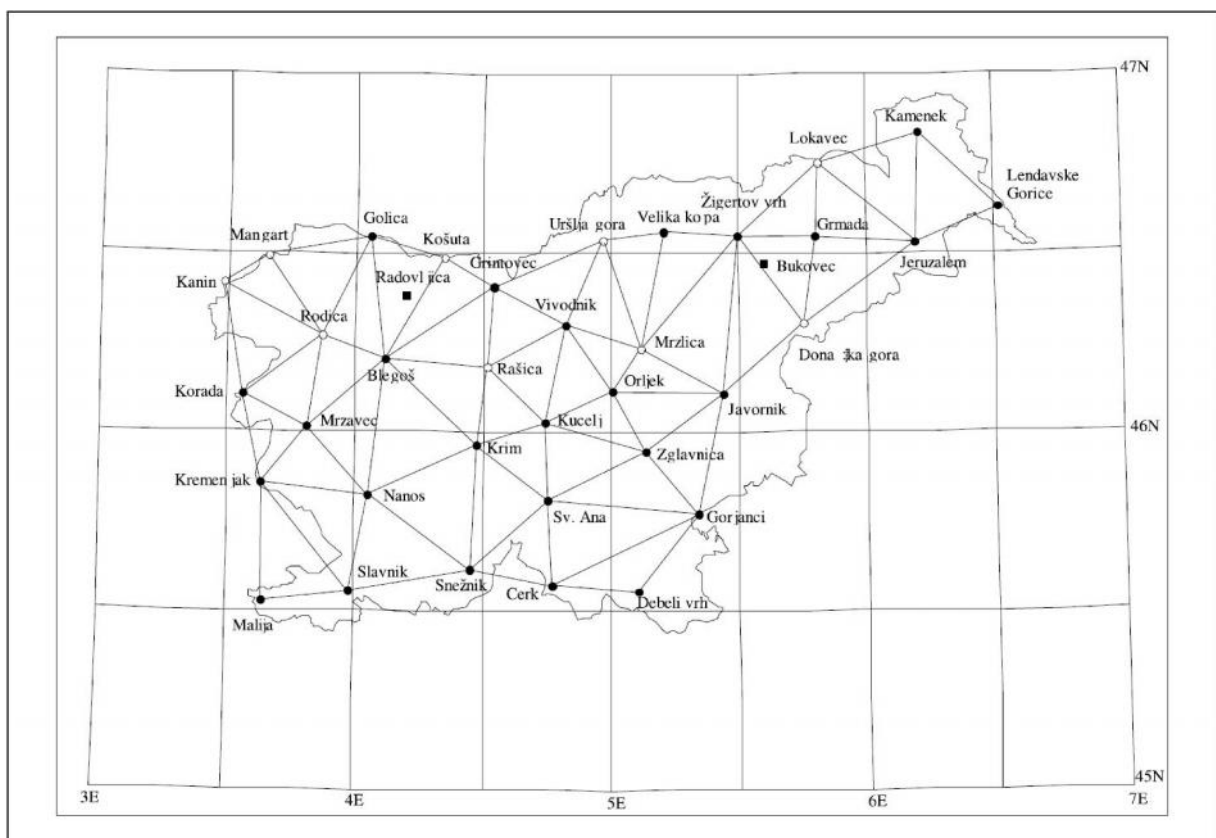
Točke temeljne kombinirane mreže lahko uporabljamo tudi v drugih geodetskih nalogah kot kontrolne točke.

## 1.2 Analiza možnosti za vzpostavitev kakovostne geoinformacijske infrastrukture

Geodetska mreža 0. reda bo hkrati predstavljala najvišje redove:

- državne horizontalne mreže oz. državne 3R geodetske mreže,
- državne mreže stalnih GNSS-postaj,
- državne višinske/nivelmanske mreže in
- državne gravimetrične mreže.

Obstoječa astrogeodetska mreža Slovenije, ki je ogrodje starega državnega horizontalnega koordinatnega sistema (geodetski datum D48), vključuje 35 triangulacijskih točk 1. reda, vključno s točko Gorjanci, ki je na sami meji s Hrvaško (slika 1.2-1).



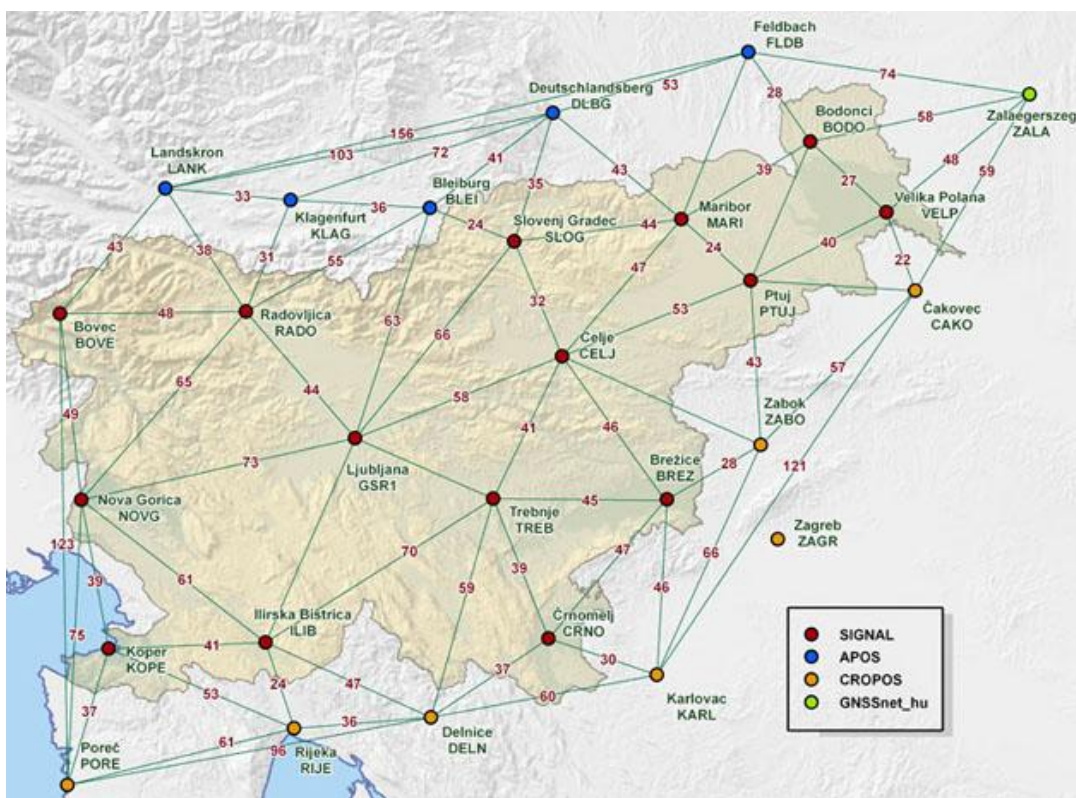
Slika 1.2-1: Astrogeodetska mreža Slovenije  
© Geodetski vestnik [Stopar in Kuhar, 2001, str. 14].

Naslednja pomembna mreža je mreža slovenskih EUREF-točk, oziroma mreža točk, vključenih v EUREF GPS-kampanje na območju Slovenije. Ta mreža je ogrodje novega državnega horizontalnega koordinatnega sistema (geodetski datum D96) in vključuje vseh 35 triangulacijskih točk 1. reda (slika 1.2-1), preostale pa so triangulacijske točke 2. reda in geodinamične točke; skupaj je bilo v kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj vključenih 49 točk na območju Slovenije (slika 1.2-2).



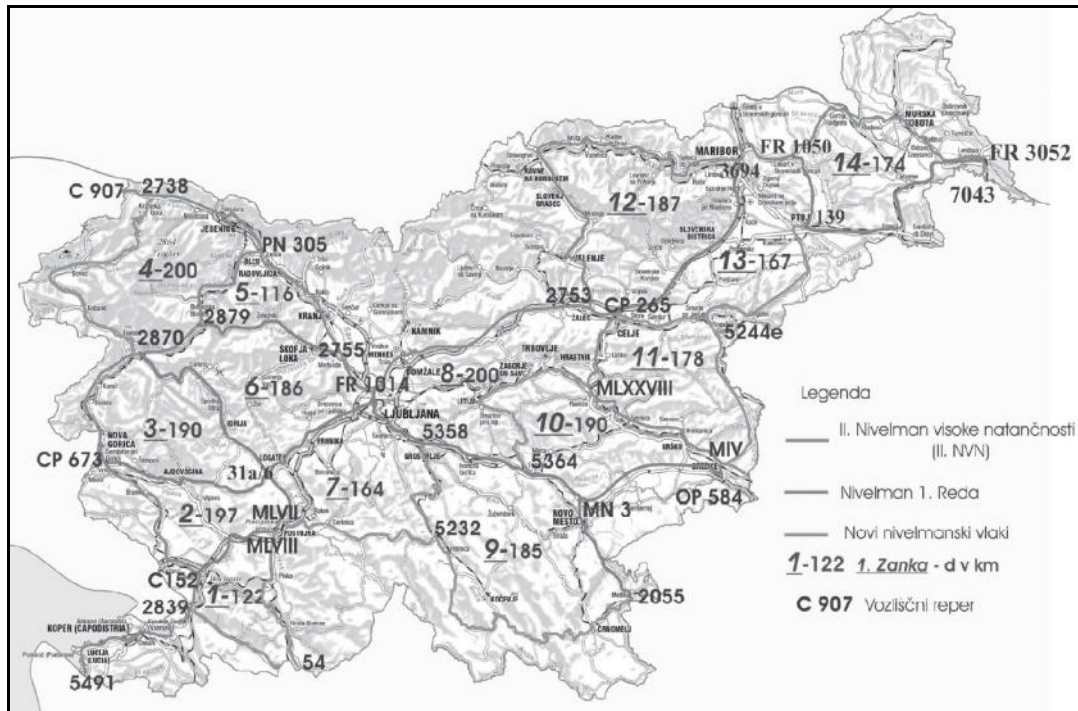
Slika 1.2-2: Točke, vključene v izračun EUREF GPS-kampanj  
 © Geodetski vestnik [Berk in sod., 2003, str. 416].

Državno omrežje stalnih GNSS-postaj SIGNAL tvori 15 postaj na območju Slovenije, omrežje pa je razširjeno še s postajami omrežij sosednjih držav (slika 1.2-3).



Slika 1.2-3: Točke omrežja SIGNAL ter sosednjih omrežij GNSS-postaj  
 © Služba za GPS · Geodetski inštitut Slovenije · Geodetska uprava RS  
 ([http://www.gu-signal.si/index.php?option=com\\_content&task=section&id=5&Itemid=29](http://www.gu-signal.si/index.php?option=com_content&task=section&id=5&Itemid=29)).

Za realizacijo državnega višinskega sistema je najpomembnejša mreža nivelmana visoke natančnosti (NVN) in nivelmana 1. reda. Na sliki 1.2-4 je prikazan potek in dolžina posameznih nivelmanskih poligonov.



Slika 1.2-4: Nova nivelmanska mreža Slovenije (v postopku izmere)

© Geodetski vestnik [Koler in sod., 2007, str. 785].

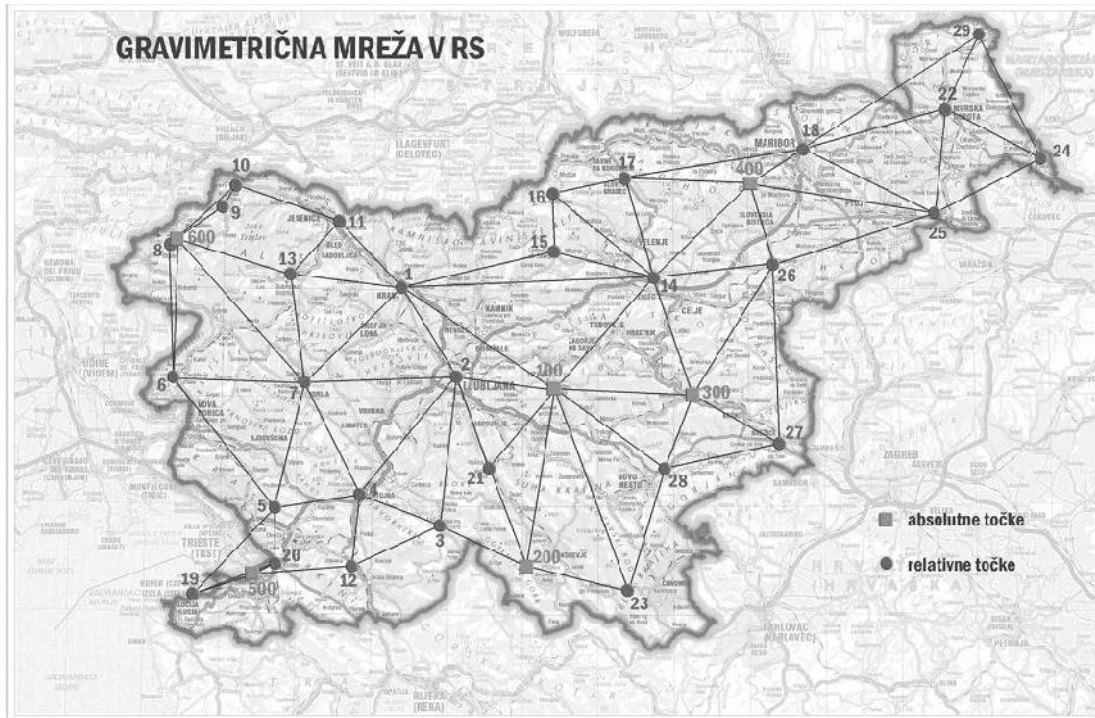
Povezava nivelmanske mreže Slovenije je bila izvedena v okviru projekta EUVN\_DA. Lokacije petih EUVN-točk v Sloveniji so prikazane na sliki 1.2-5.



Slika 1.2-5: Točke na območju Slovenije, vključene v EUVN

© Geodetska uprava RS [Klanjšček in sod., 2006, str. 6].

Državna gravimetrična mreža 0. reda (6 absolutnih točk) in 1. reda (29 točk) je prikazana na sliki 1.2-6.



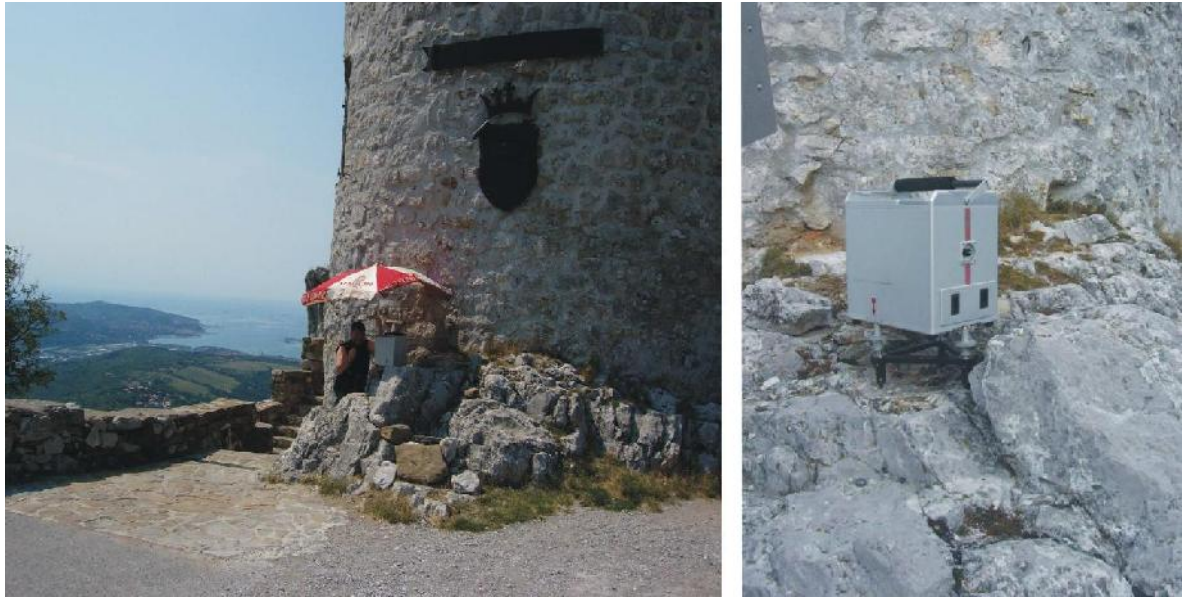
Slika 1.2-6: Nova gravimetrična mreža Slovenije  
 © Geodetski vestnik [Koler in sod., 2006, str. 456].

Sledi še pregled nekaterih najpomembnejših obstoječih geodetskih točk različnih tipov (slike 1.2-7–1.2-11).



Slika 1.2-7: Novi mareograf v Kopru s stalno GNSS-postajo  
 © Allgemeine Vermessungs-Nachrichten [Savšek-Safić in sod., 2008, str. 211].





Slika 1.2-8: Ekscenter absolutne gravimetrične točke Socerb  
 © SZGG · FGG [Stopar in sod., 2007, str. 56].



Slika 1.2-9: Normalni reper nivelmanske mreže Slovenije (pred obnovo)  
 © Geodetski vestnik [Koler in sod., 2007, str. 783].



Slika 1.2-10: Krim – triangulacijska točka 1. reda, izhodišče nekdanjega krimskega koordinatnega sistema © Gorenjski glas (<http://www.gorenjskiglas.si/novice/nasveti/index.php?action=clanek&id=48393>).



Slika 1.2-11: Kucelj – triangulacijska točka 1. reda in ena izmed petih uradnih EUREF-točk na območju Slovenije © Hribi.net (<http://www.hribi.net/gora/kucelj/25/1135>).

Pri snovanju geodetske mreže 0. reda je treba upoštevati tudi zgodovinski vidik in kontinuiteto definicije geodetskega datuma. Priporočljivo si je torej, če je to mogoče, pomagati z obstoječimi lokacijami pomembnih geodetskih točk, če seveda izpolnjujejo vse kriterije za točko 0. reda.

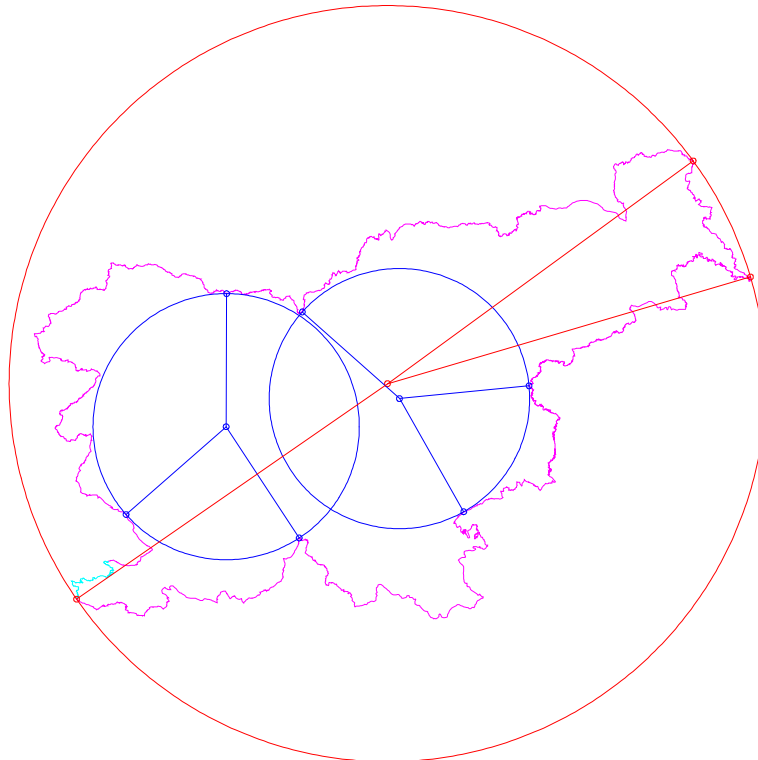
V nadaljevanju bodo podrobneje obravnavani različni vidiki umestitve mreže geodetskih točk 0. reda, in sicer

- glede na obliko in velikost države (geometrijski kriteriji),
- glede na reliefne danosti,
- glede na vegetacijo in meteorološke danosti,
- glede na geološke, hidrološke in geotektonske danosti ter
- glede na druge vplivne dejavnike.

### 1.2.1 Umestitev mreže glede na obliko in velikost države

Pri umeščanju mreže geodetskih točk 0. reda je treba upoštevati osnovne geometrijske lastnosti državnega ozemlja. Pri odločitvi o grobi razporeditvi točk ima namreč oblika in velikost države pomembno vlogo. Osnovne razsežnosti državnega ozemlja in nekateri drugi pokazatelji, ki se nanašajo na njegovo geometrijsko obliko, so:

- premer najmanjšega očrtanega kroga:  $2R = 261,82$  km  
središče najmanjšega očrtanega kroga je v točki:  
 $y = 497.398$   $x = 112.267$  (**Zavine** v Občini Zagorje ob Savi)
- premer največjega včrtanega kroga:  $2r_1 = 92,14$  km  
središče največjega včrtanega kroga je v točki :  
 $y = 441.581$   $x = 97.349$  (**Smrečje** v Občini Vrhnika)
- premer največjega včrtanega kroga:  $2r_2 = 90,10$  km (za vzhodni del države)  
središče največjega včrtanega kroga (za vzhodni del države) je v točki :  
 $y = 501.546$   $x = 107.086$  (**Završje** v Občini Trbovlje)



Slika 1.2.1-1: Središča državnemu ozemlju najmanjšega očrtanega kroga in državnemu ozemlju največjih včrtanih krogov.

Polmer največjega včrtanega kroga za vzhodni del države je le za malenkost manjši od absolutno največjega polmera včrtanega kroga (tj. za 2,04 km oz. 2,2 %), se pa njegovo središče nahaja zelo blizu središča najmanjšega državi očrtanega kroga; od slednjega je oddaljeno le za 6,64 km (glej sliko 1.2.1-1).

Geometrijsko gledano so najbolj obrobna naselja Slovenije (dotikališča državi očrta-nega kroga) **Pince - Marof** v Občini Lendava, **Parecag** v Občini Piran ter **Hodoš** (sedež istoimenske občine). Slednji dve dotikališči predstavljata tudi točki državnega ozemlja, ki sta si najbolj vsaksebi; razdalja med njima je 261,80 km, kar je le za malenkost manj od premera najmanjšega državi očrtanega kroga (glej tudi sliko 1.2.1-1).

Kot karakteristična točka je omembe vredno še geometrično središče Slovenije (GEOSS) – dejansko gre za težišče državnega ozemlja v dvorazsežnem prostoru, ki se, kot je znano, nahaja v naselju **Vače** v Občini Litija [Svetik 2009]. Ta točka je tudi lepo obeležena; GEOSS je zasnovan kot domoljubni vseslovenski projekt, simbol slovenstva (slika 1.2.1-2).



Slika 1.2.1-2: GEOSS – geometrično središče Slovenije

© Društvo GEOSS <http://www.drustvo-geoss.si/page/sl/geoss/predstavitev>.

Vsa omenjena »središča« ozemlja Slovenije (Zavine, Smrečje, Završje, Vače) bi lahko smatrali kot nekakšne izhodiščne lokacije (za določitev makrolokacije), če bi iskali eno samo izhodiščno geodetsko točko. Če bi vzeli središče najmanjšega očrtanega kroga, bi bile najbolj robne točke državnega ozemlja točke na območjih naselij **Pince - Marof**, **Parecag** in **Hodoš**, ki so od nje oddaljene **130,91 km**.

V primeru mreže z več točkami (kot je to predvideno za mrežo geodetskih točk 0. reda) lahko pri njenem snovanju postavimo vsaj dva različna geometrijska kriterija:

- da bodo točke mreže 0. reda čimbolj na robu državnega ozemlja oziroma na kar največjih medsebojnih oddaljenostih (strogi kriterij: točke 0. reda naj bodo razporejene tako, da bo razdalja med dvema najbližjima sosednjima točkama v mreži največja možna), in
- da točke mreže 0. reda čimbolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje in so si hkrati kar najbolj vsaksebi (strogi kriterij: poljubna točka državnega ozemlja naj bo čimmanj oddaljena od najbližje izmed točk mreže 0. reda, ki so si hkrati čimbolj vsaksebi<sup>1</sup>),

V obeh primerih je seveda jasno, da se morajo vse točke mreže nahajati znotraj (ali na meji) državnega ozemlja.

Prvi kriterij (da naj si bodo točke čimbolj vsaksebi) je pomemben z vidika kakovostne definicije geodetskega datuma – točke 0. reda v vlogi referenčnega sestava. Drugi kriterij (da naj točke čimbolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje, hkrati pa naj si bodo čimbolj vsaksebi) je pomemben za vse lokacijske storitve – točke 0. reda v vlogi omrežja za zagotavljanje korekcij za GNSS-izmero.

Upoštevanje različnih geometrijskih kriterijev vodi seveda v različne razporeditve točk v mreži. V nadaljevanju bodo za različna števila točk mreže 0. reda ( $n = 2, 3, 4, 5$  in  $6$ ) prikazane optimalne razporeditve točk mreže ob upoštevanju navedenih kriterijev.

Vnaprej predvideno okvirno število točk geodetske mreže 0. reda je nekje 5 točk. To je bilo tudi prvotno predvideno število točk, ki naj bi tvorile kakovostno ogrodje državne mreže stalnih postaj GPS [Stopar in sod., 2002, str. 73]. Zaradi pomanjkanja finančnih virov potem ob izgradnji omrežja SIGNAL ta ideja ni bila realizirana.

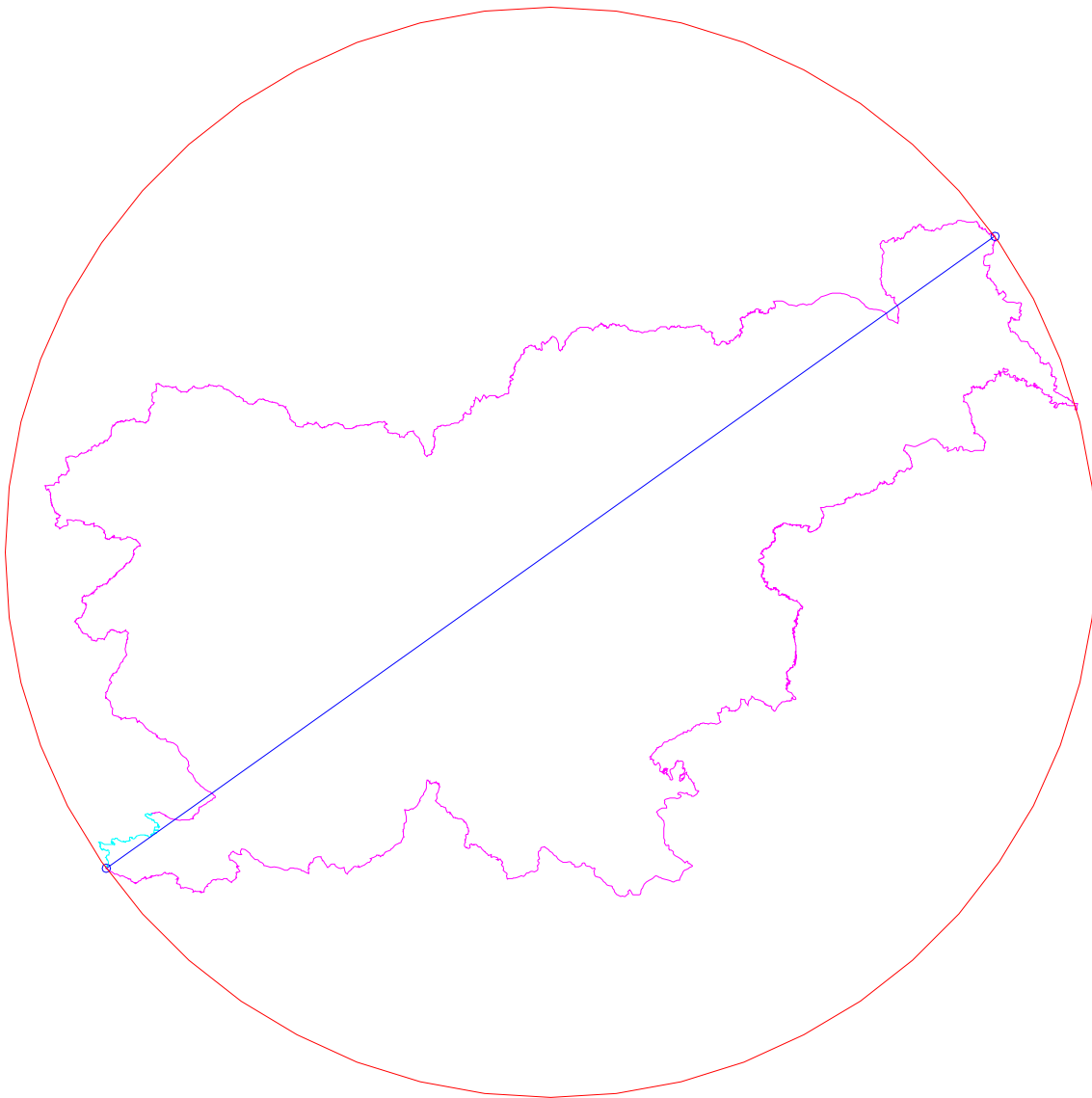
---

<sup>1</sup> Slednje pomeni, da nobena točka znotraj državnega ozemlja ni hkrati več kot dvema točkama mreže 0. reda bliže od dobljene najmanjše razdalje (tj. najmanjše razdalje poljubne točke na ozemlju države od najbližje točke mreže 0. reda).

Geometrijsko optimalna mreža 0. reda iz dveh točk

Upoštevajte prvi geometrijski kriterij (da naj si bodo točke čimbolj vsaksebi) sta za mrežo z dvema točkama njuni optimalni lokaciji:

- 1. (jugozahodna) točka mreže:  
 $y = 389.848$   $x = 37.633$  (**Parecag** v Občini Piran)
- 2. (severovzhodna) točka mreže:  
 $y = 603.171$   $x = 189.398$  (**Hodoš**, sedež istoimenske občine)

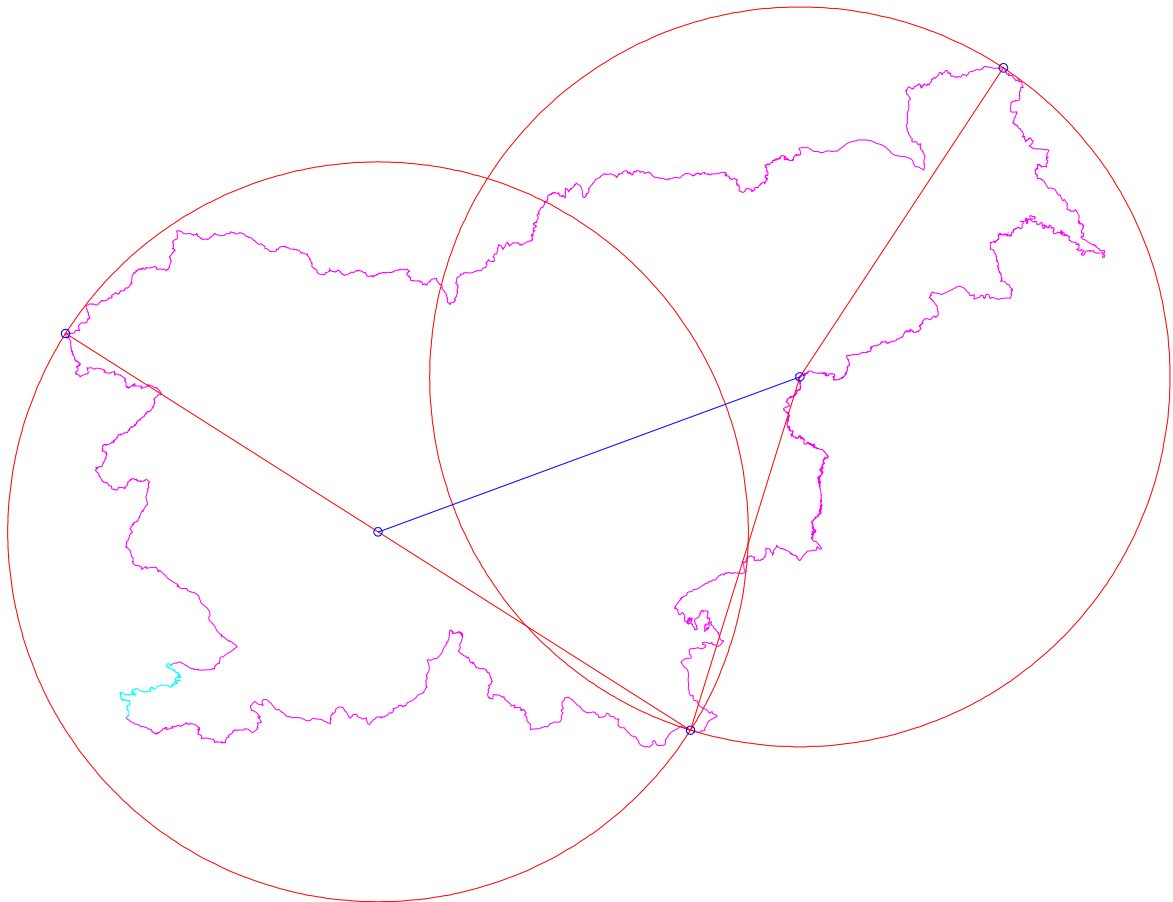


Slika 1.2.1-3: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bili točki dve (upoštevajte prvi geometrijski kriterij): največja možna razdalja med točkama znotraj državnega ozemlja je **261,80 km**.

Obe točki ležita na sami državni meji – 1. na meji s Hrvaško, 2. pa na meji z Madžarsko (slika 1.2.1-3).

Upošteva drugi geometrijski kriterij (da naj točke čimbolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje, hkrati pa naj si bodo čimbolj vsaksebi) sta za mrežo z dvema točkama njuni optimalni lokaciji:

- 1. (jugozahodna) točka mreže:  
 $y = 449.720$   $x = 82.213$  (**Dobec** v Občini Cerknica)
- 2. (severovzhodna) točka mreže:  
 $y = 550.285$   $x = 119.211$  (**Rjavica** v Občini Rogaška Slatina)



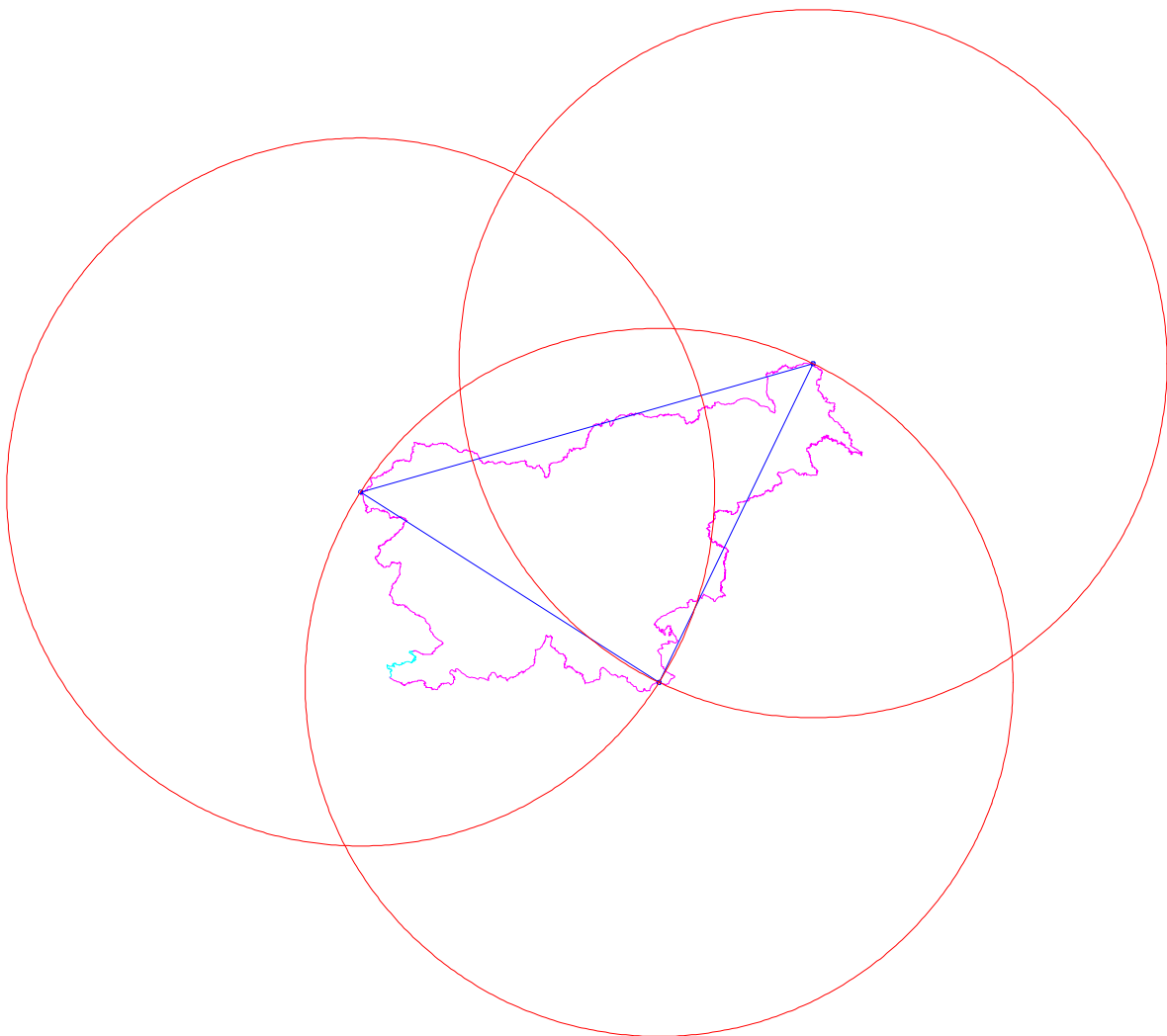
Slika 1.2.1-4: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bili točki dve (upošteva drugi geometrijski kriterij); nobena točka znotraj državnega ozemlja ni od bližnje izmed obeh točk oddaljena za več kot **88,24 km** (polmera obeh krogov).

Točki mreže sta med seboj oddaljeni **107,15 km**. 2. (severovzhodna) točka se nahaja neposredno ob meji (s Hrvaško) – upoštevan je dodatni pogoj, da naj bodo vse točke mreže znotraj državnega ozemlja. Ob takšni razporeditvi točk mreže 0. reda bi bile »najbolj robne točke« državnega ozemlja točke na območjih naselij **Zilje** v Občini Črnomelj, **Breginj** v Občini Kobarid in **Dolenci** v Občini Šalovci, ki bi bile od najbližje točke 0. reda oddaljene **88,24 km** (slika 1.2.1-4).

Geometrijsko optimalna mreža 0. reda iz treh točk

Upoštevaje prvi geometrijski kriterij (da naj si bodo točke čimbolj vsaksebi) so za mrežo s tremi točkami njihove optimalne lokacije:

- 1. (severozahodna) točka mreže:  
y = 375.228 x = 129.516 (**Breginj** v Občini Kobarid)
- 2. (osrednja južna) točka mreže:  
y = 522.674 x = 35.469 (**Podklanec** v Občini Črnomelj)
- 3. (severovzhodna) točka mreže:  
y = 598.805 x = 192.916 (**Dolenci** v Občini Šalovci)



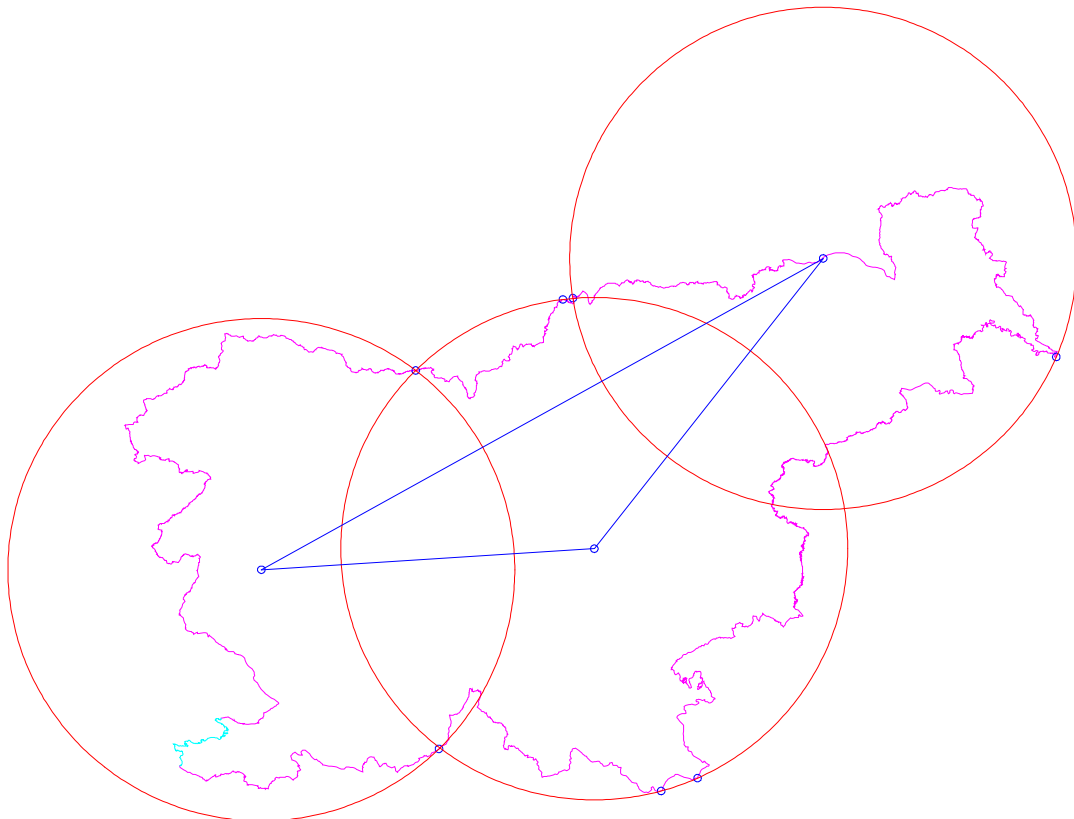
Slika 1.2.1-5: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bile točke tri (upoštevaje prvi geometrijski kriterij): sosednji točki mreže sta med seboj oddaljeni vsaj **174,89 km** (polmeri vseh krogov).

Vse tri točke ležijo na sami državni meji – 1. na meji z Italijo, 2. na meji s Hrvaško, 3. pa na meji z Madžarsko (slika 1.2.1-5). Površina trikotnika, ki ga tvorijo točke, je 15.187 km<sup>2</sup>, kar je 75,0 % površine države.



Upošteva drugi geometrijski kriterij (da naj točke čimbolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje, hkrati pa naj si bodo čimbolj vsaksebi) so za mrežo s tremi točkami njihove optimalne lokacije:

- 1. (zahodna) točka mreže:  
 $y = 411.442$   $x = 90.670$  (**Predmeja** v Občini Ajdovščina)
- 2. (osrednja) točka mreže:  
 $y = 499.983$   $x = 96.310$  (**Brezovo** v Občini Litija)
- 3. (vzhodna) točka mreže:  
 $y = 560.850$   $x = 174.212$  (**Vratji Vrh** v Občini Gornja Radgona)

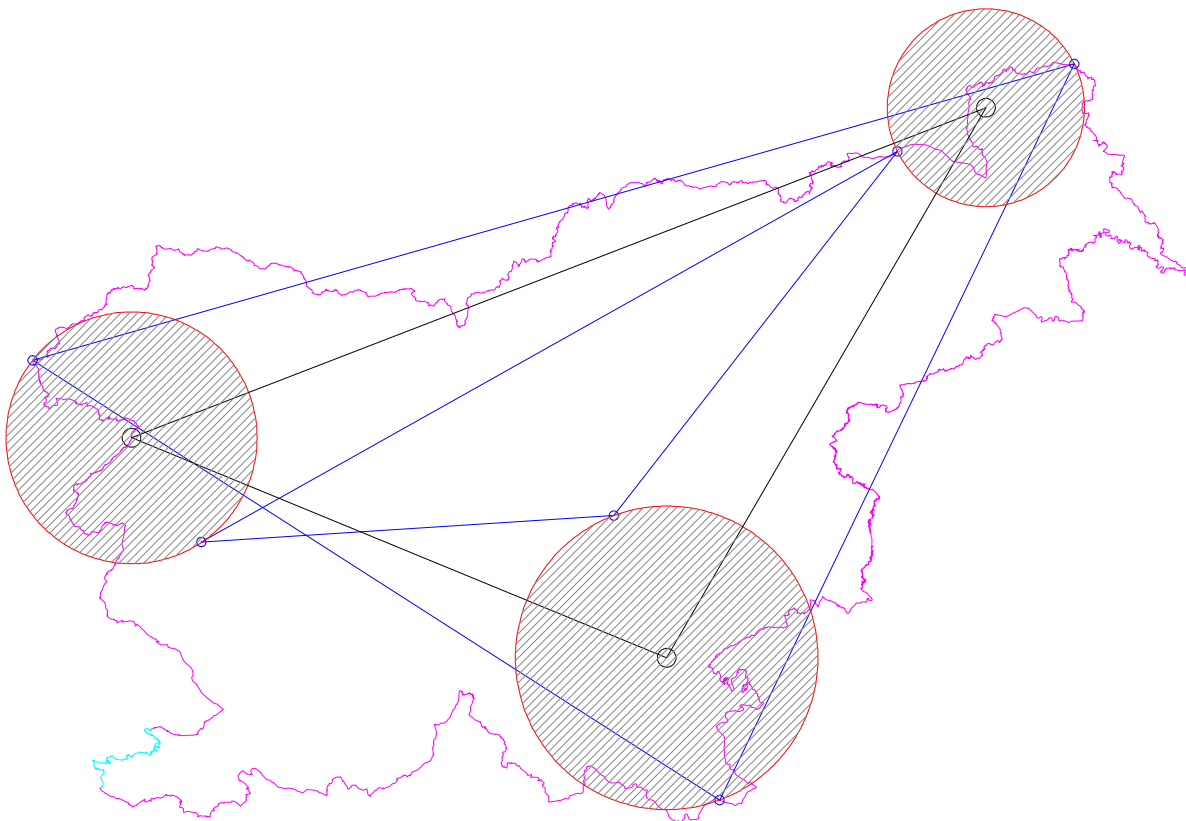


Slika 1.2.1-6: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bile točke tri (upošteva drugi geometrijski kriterij); nobena točka znotraj državnega ozemlja ni od najbližje izmed treh točk oddaljena za več kot **67,40 km** (polmeri vseh krogov).

Ob takšni razporeditvi točk mreže 0. reda bi bile »najbolj robne točke« državnega ozemlja točke na območjih naselij **Pince - Marof** v Občini Lendava, **Preloka** v Občini Črnomelj, **Vukovci** v Občini Črnomelj, **Strojna** v Občini Ravne na Koroškem in **Libeliška Gora** v Občini Dravograd, ki bi bile od najbližje točke 0. reda oddaljene **67,40 km** (slika 1.2.1-6).

Kot kombinirani predlog za umestitev treh točk mreže 0. reda, upoštevaje oba geometrijska kriterija, lahko vzamemo lokacije točk, ki so nekje vmes – npr. v središčih zveznic obeh lokacij (za posamezno točko). Tako dobimo točke:

- 1. (severozahodna) točka mreže:  
 $y = 396.471$   $x = 112.952$  (**Kambreško** v Občini Kanal)
- 2. (osrednja južna) točka mreže:  
 $y = 511.329$   $x = 65.890$  (**Birčna vas** v Občini Novo mesto)
- 3. (severovzhodna) točka mreže:  
 $y = 579.827$   $x = 183.564$  (**Večeslavci** v Občini Rogašovci)



Slika 1.2.1-7: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bile točke tri (kombinacija obeh geometrijskih kriterijev); vzeta je »sredina« predlogov, pripravljenih glede na posamezna kriterija (označeno s črno barvo).

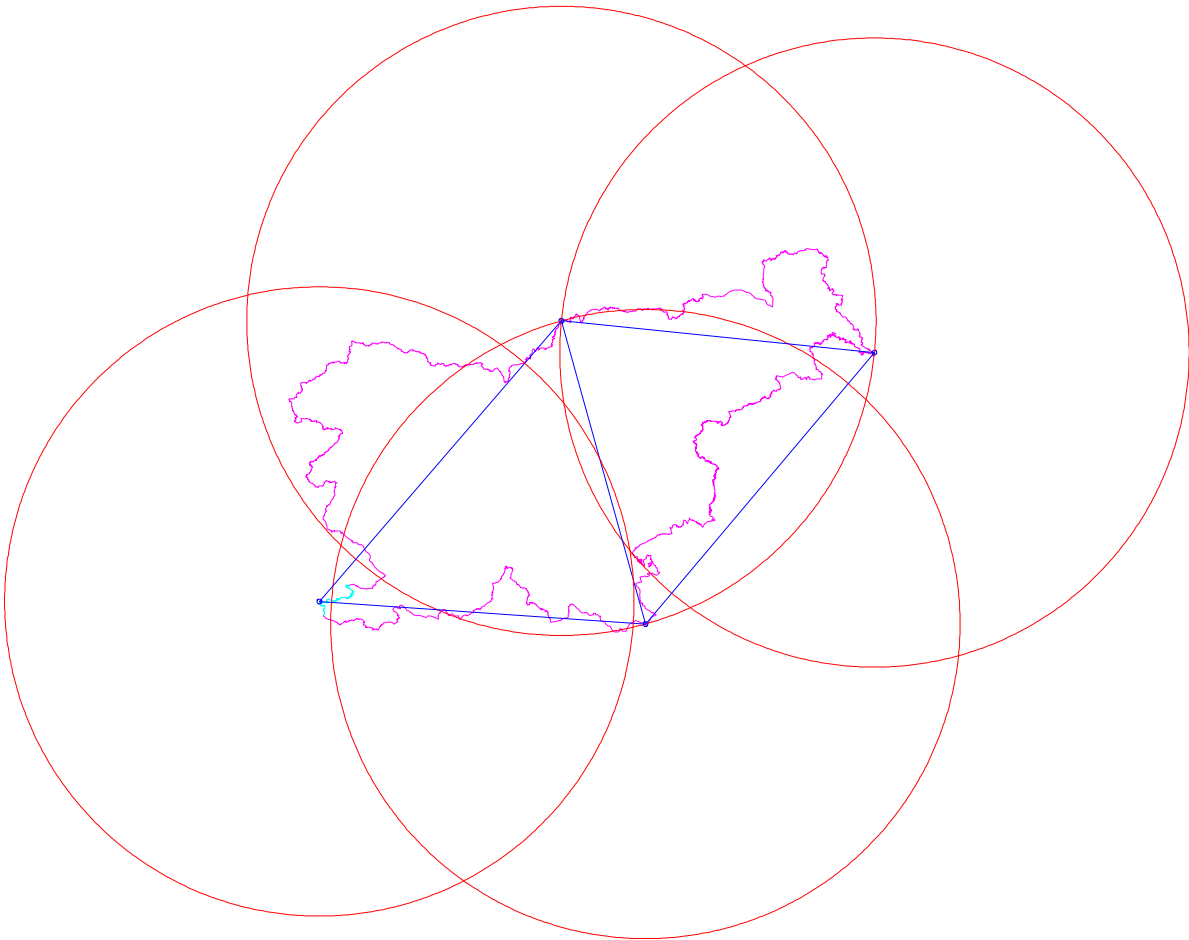


Slika 1.2.1-8: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bile točke tri (kombinacija obeh geometrijskih kriterijev); podloga je državna pregledna karta v merilu 1 : 1.000.000 (ustrezno pomanjšana).

Geometrijsko optimalna mreža 0. reda iz štirih točk

Upoštevaje prvi geometrijski kriterij (da naj si bodo točke čimbolj vsaksebi) so za mrežo s štirimi točkami njihove optimalne lokacije:

- 1. (jugozahodna) točka mreže:  
y = 388.106 x = 43.879 (**Piran**, sedež istoimenske občine)
- 2. (jugovzhodna) točka mreže:  
y = 526.079 x = 34.322 (**Balkovci** v Občini Črnomelj)
- 3. (severozahodna) točka mreže:  
y = 490.531 x = 162.623 (**Jamnica** v Občini Prevalje)
- 4. (severovzhodna) točka mreže:  
y = 622.987 x = 149.206 (**Pince - Marof** v Občini Lendava)

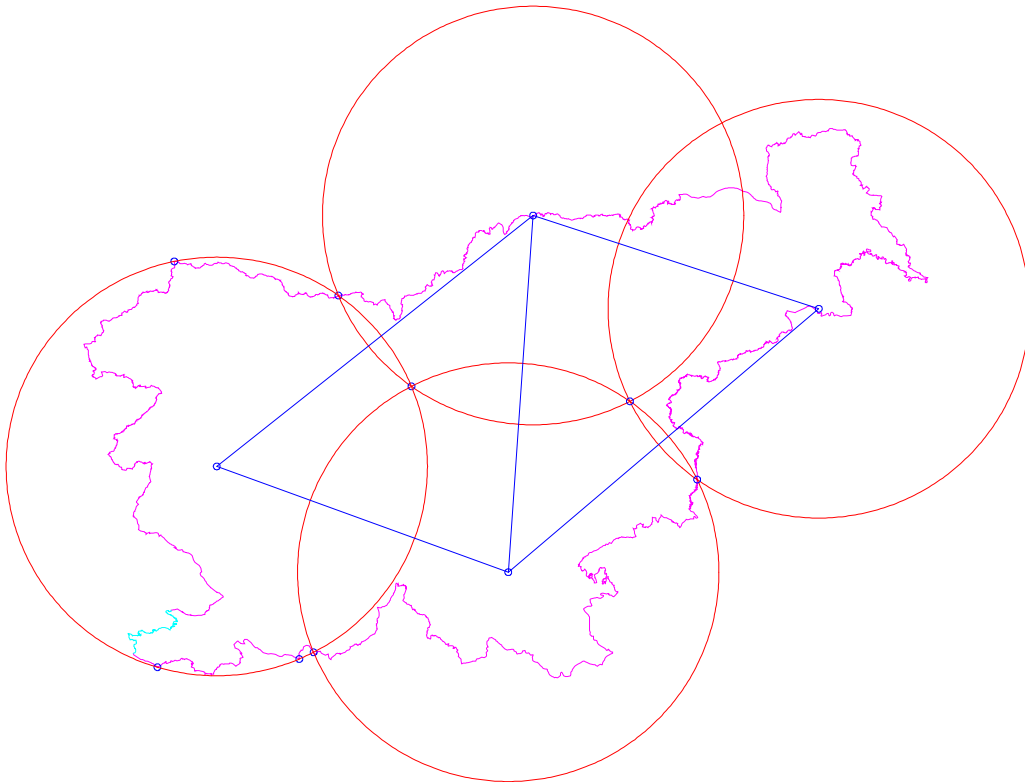


Slika 1.2.1-9: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bile točke štiri (upoštevaje prvi geometrijski kriterij): sosednji točki mreže sta med seboj oddaljeni vsaj **133,13 km** (polmeri vseh krogov).

1. točka leži na obali morja (Rt Madona, Piran), ostale tri točke pa ležijo na sami državni meji – 2. na meji s Hrvaško, 3. na meji z Avstrijo, 4. pa praktično na tromeji s Hrvaško in Madžarsko (slika 1.2.1-9). Površina trikotnikov, ki ju tvorijo točke, je 16.940 km<sup>2</sup>, kar je 83,7 % površine države.

Upošteva je drugi geometrijski kriterij (da naj točke čimbolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje, hkrati pa naj si bodo čimbolj vsaksebi) so za mrežo s štirimi točkami njihove optimalne lokacije:

- 1. (zahodna) točka mreže:  
 $y = 414.205$   $x = 93.368$  (**Vojsko** v Občini Idrija)
- 2. (južna) točka mreže:  
 $y = 499.834$   $x = 62.083$  (**Podstenice** v Občini Dolenjske Toplice)
- 3. (severna) točka mreže:  
 $y = 507.131$   $x = 167.574$  (**Mlake** v Občini Muta)
- 4. (vzhodna) točka mreže:  
 $y = 591.078$   $x = 139.999$  (**Pušenci** v Občini Ormož)

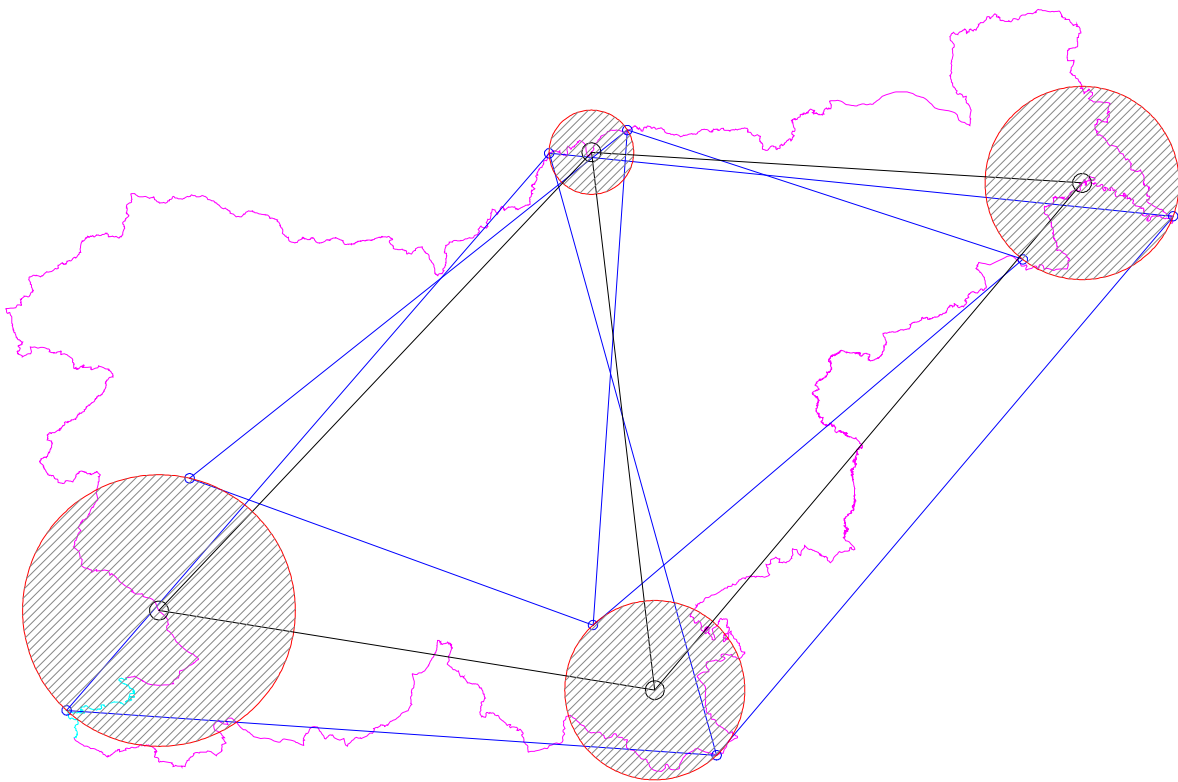


Slika 1.2.1-10: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bile točke štiri (upošteva je drugi geometrijski kriterij); nobena točka znotraj državnega ozemlja ni od najbližje izmed treh točk oddaljena za več kot **61,89 km** (polmeri vseh krogov).

Ob takšni razporeditvi točk mreže 0. reda bi bile »najbolj robne točke« državnega ozemlja točke na območjih naselij **Slogonsko** v Občini Brežice, **Jelšane** in **Starod** v Občini Ilirska Bistrica, **Krkavče** v Občini Koper, **Rateče** v Občini Kranjska Gora in **Dolina** v Občini Trzič, ki bi bile od najbližje točke 0. reda oddaljene **61,89 km**; dve točki znotraj državne meje pa bi bili na tej isti oddaljenosti hkrati od treh najbližjih točk mreže (slika 1.2.1-10).

Kot kombinirani predlog za umestitev štirih točk mreže 0. reda, upoštevaje oba geometrijska kriterija, lahko vzamemo lokacije točk, ki so nekje vmes – npr. v središčih zveznic obeh lokacij (za posamezno točko). Tako dobimo točke:

- 1. (jugozahodna) točka mreže:  
 $y = 407.712$   $x = 65.166$  (**Voglje** v Občini Sežana)
- 2. (jugovzhodna) točka mreže:  
 $y = 512.956$   $x = 48.203$  (**Zajčji Vrh** v Občini Črnomelj)
- 3. (severozahodna) točka mreže:  
 $y = 499.502$   $x = 162.850$  (**Vič** v Občini Dravograd)
- 4. (severovzhodna) točka mreže:  
 $y = 603.659$   $x = 156.295$  (**Brezovec** v Občini Lendava)



Slika 1.2.1-11: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bile točke štiri (kombinacija obeh geometrijskih kriterijev); vzeta je »sredina« predlogov, pripravljenih glede na posamezna kriterija (označeno s črno barvo).

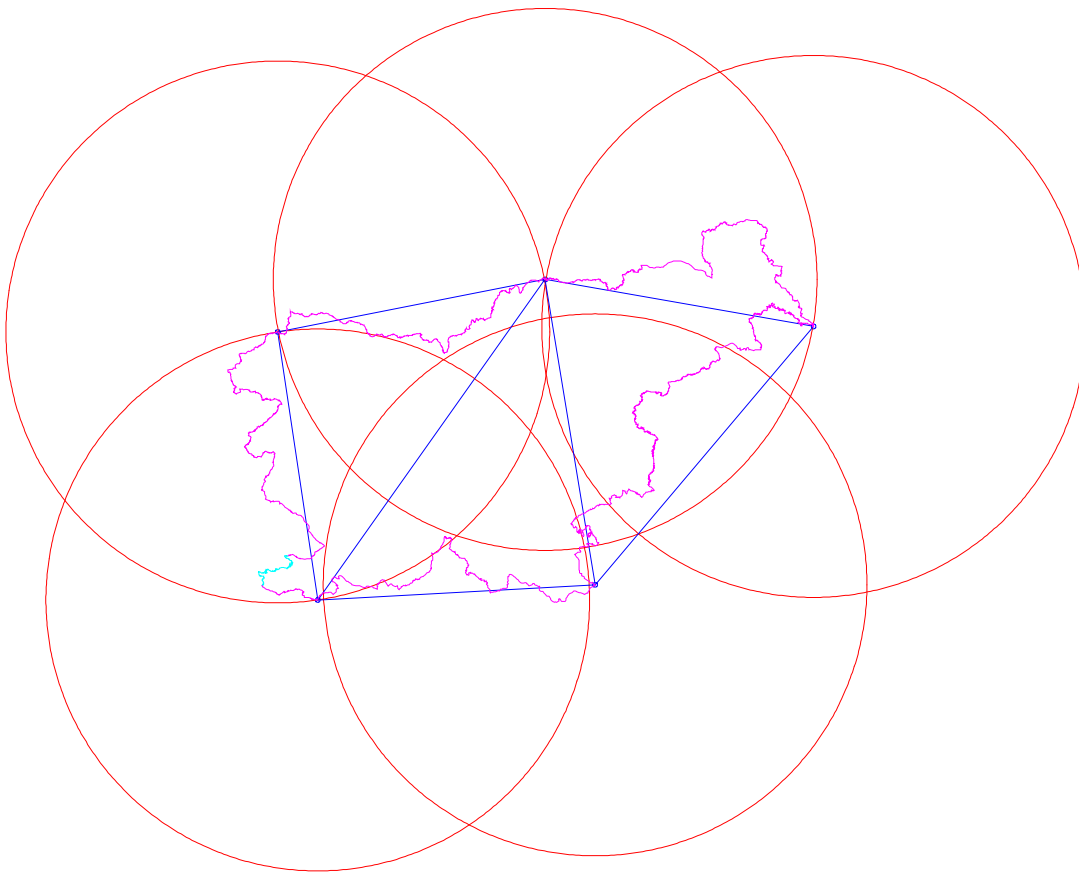


Slika 1.2.1-12: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bile točke štiri (kombinacija obeh geometrijskih kriterijev); podloga je državna pregledna karta v merilu 1 : 1.000.000 (ustrezno pomanjšana)

Geometrijsko optimalna mreža 0. reda iz petih točk

Upošteva je prvi geometrijski kriterij (da naj si bodo točke čimbolj vsaksebi) so za mrežo s petimi točkami njihove optimalne lokacije:

- 1. (severozahodna) točka mreže:  
y = 396.379 x = 145.571 (**Strmec na Predelu** v Občini Bovec)
- 2. (jugozahodna) točka mreže:  
y = 413.283 x = 31.905 (**Pregara** v Občini Koper)
- 3. (jugovzhodna) točka mreže:  
y = 530.532 x = 38.316 (**Žuniči** v Občini Črnomelj)
- 4. (osrednja severna) točka mreže:  
y = 509.425 x = 167.841 (**Mlake** v Občini Muta)
- 5. (severovzhodna) točka mreže:  
y = 622.895 x = 147.915 (**Pince - Marof** v Občini Lendava)



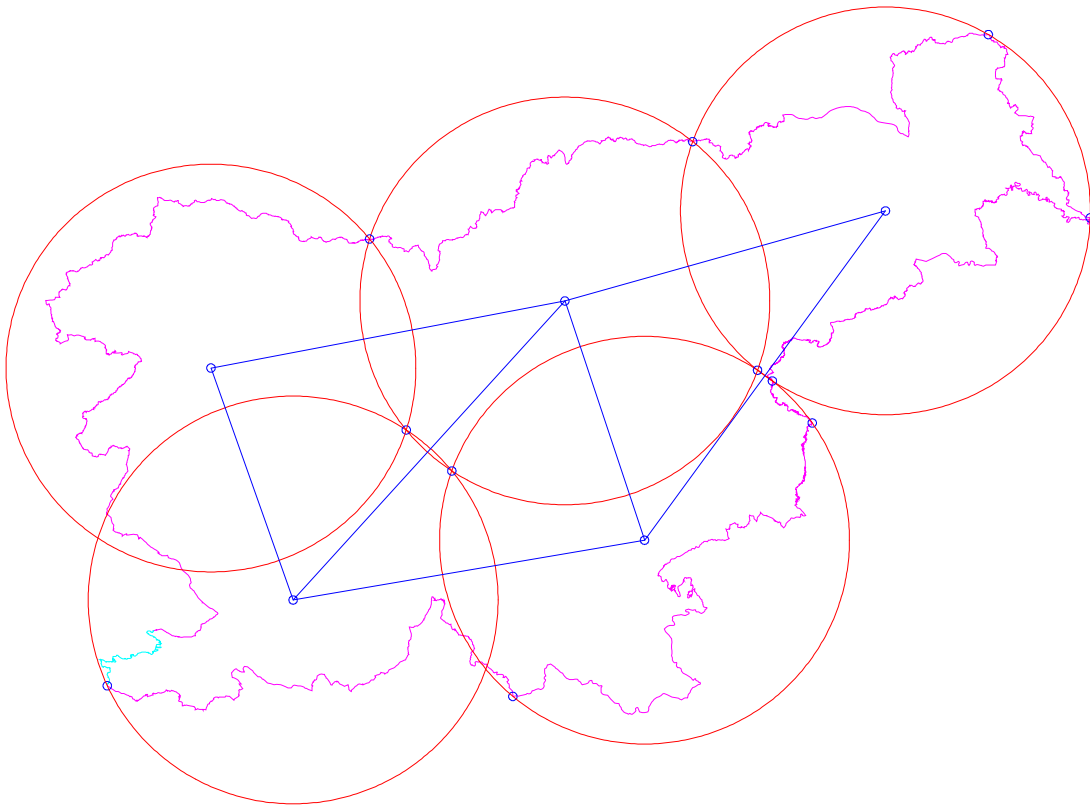
Slika 1.2.1-13: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bilo točk pet (upošteva je prvi geometrijski kriterij): sosednji točki mreže sta med seboj oddaljeni vsaj **114,92 km** (polmeri vseh krogov).

Vseh pet točk leži na sami državni meji – 1. na meji z Italijo, 2. in 3. na meji s Hrvaško, 4. na meji z Avstrijo, 5. pa praktično na tromeji s Hrvaško in Madžarsko (slika 1.2.1-13). Površina trikotnikov mreže je 21.412 km<sup>2</sup>, kar je 105,7 % površine države.



Upošteva je drugi geometrijski kriterij (da naj točke čim bolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje, hkrati pa naj si bodo čim bolj vsaksebi) so za mrežo s petimi točkami njihove optimalne lokacije:

- 1. (severozahodna) točka mreže:  
 $y = 414.436$   $x = 113.399$  (**Grahovo ob Bači** v Občini Tolmin)
- 2. (jugozahodna) točka mreže:  
 $y = 433.930$   $x = 58.107$  (**Nova Sušica** v Občini Pivka)
- 3. (jugovzhodna) točka mreže:  
 $y = 517.272$   $x = 72.355$  (**Veliki Slatnik** v Občini Novo mesto)
- 4. (osrednja severna) točka mreže:  
 $y = 498.376$   $x = 129.407$  (**Dobrovlje pri Mozirju** v Občini Mozirje)
- 5. (severovzhodna) točka mreže:  
 $y = 574.412$   $x = 150.876$  (**Grlinci** v Občini Juršinci)

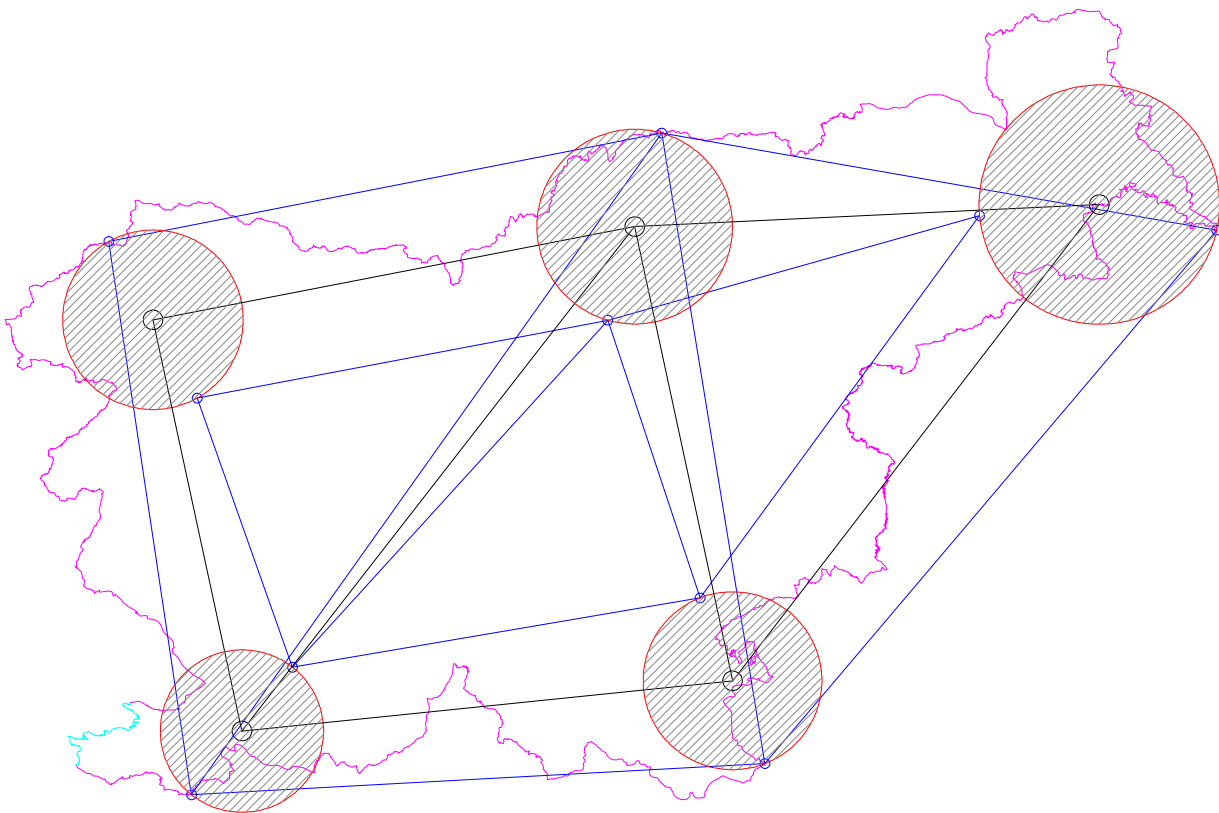


Slika 1.2.1-14: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bilo točk pet (upošteva je drugi geometrijski kriterij); nobena točka znotraj državnega ozemlja ni od najbližje izmed petih točk oddaljena za več kot **48,60 km** (polmeri vseh krogov).

Ob takšni razporeditvi točk mreže 0. reda bi bile »najbolj robne točke« državnega ozemlja točke na območjih naselij **Pince - Marof** v Občini Lendava, **Dolenci** v Občini Šalovci, **Zgornja Kapla** v Občini Podvelka, **Jelendol** v Občini Tržič, **Parecag** v Občini Piran, **Gladloka** v Občini Kostel, **Orešje na Bizeljskem** v Občini Brežice in **Imeno** v Občini Podčetrtek, ki bi bile od najbližje točke 0. reda oddaljene **48,60 km**; tri točke znotraj državne meje pa bi bile na tej isti oddaljenosti hkrati od treh najbližjih točk mreže (slika 1.2.1-14).

Kot kombinirani predlog za umestitev petih točk mreže 0. reda, upoštevaje oba geometrijska kriterija, lahko vzamemo lokacije točk, ki so nekje vmes – npr. v središčih zveznic obeh lokacij (za posamezno točko). Tako dobimo točke:

- 1. (severozahodna) točka mreže:  
 $y = 405.407$   $x = 129.485$  (**Ukanc** v Občini Bohinj)
- 2. (jugozahodna) točka mreže:  
 $y = 423.606$   $x = 45.006$  (**Skadanščina** v Občini Hrpelje - Kozina)
- 3. (jugovzhodna) točka mreže:  
 $y = 523.902$   $x = 55.335$  (**Križevska vas** v Občini Metlika)
- 4. (osrednja severna) točka mreže:  
 $y = 503.900$   $x = 148.624$  (**Raduše** v Občini Slovenj Gradec)
- 5. (severovzhodna) točka mreže:  
 $y = 598.883$   $x = 153.158$  (**Šafarsko** v Občini Razkrižje)



Slika 1.2.1-15: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bilo točk pet (kombinacija obeh geometrijskih kriterijev); vzeta je »sredina« predlogov, pripravljenih glede na posamezna kriterija (označeno s črno barvo).

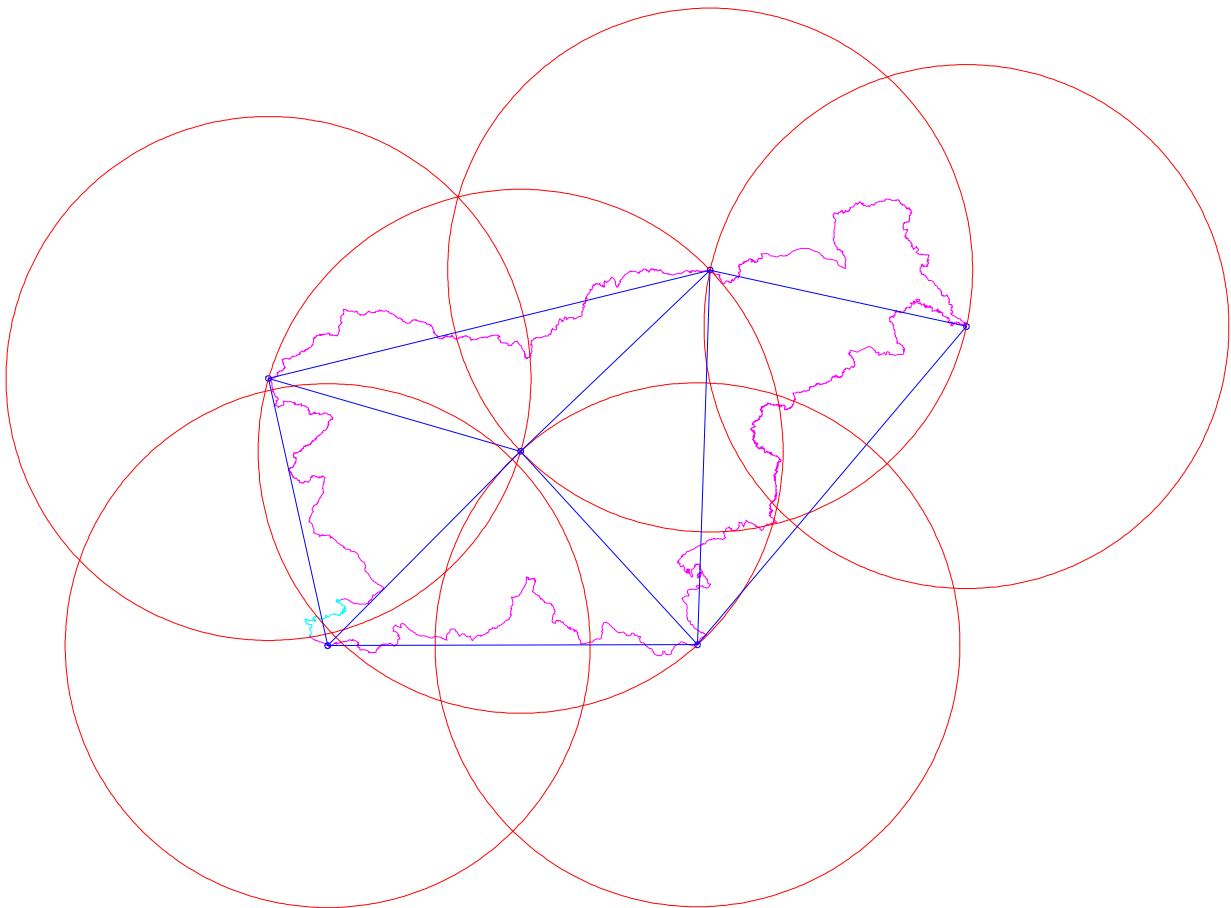


Slika 1.2.1-16: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bilo točk pet (kombinacija obeh geometrijskih kriterijev); podloga je državna pregledna karta v merilu 1 : 1.000.000 (ustrezno pomanjšana)

Geometrijsko optimalna mreža 0. reda iz šestih točk

Upošteva prvo geometrijsko kriterij (da naj si bodo točke čim bolj vsaksebi) so za mrežo s šestimi točkami njihove optimalne lokacije:

- 1. (severozahodna) točka mreže:  
y = 375.209 x = 129.460 (**Breginj** v Občini Kobarid)
- 2. (jugozahodna) točka mreže:  
y = 396.199 x = 34.449 (**Sv. Peter** v Občini Piran)
- 3. (osrednja) točka mreže:  
y = 464.679 x = 103.573 (**Ljubljana**, sedež MOL)
- 4. (jugovzhodna) točka mreže:  
y = 527.441 x = 34.754 (**Preloka** v Občini Črnomelj)
- 5. (osrednja severna) točka mreže:  
y = 531.945 x = 167.996 (**Gradišče na Kozjaku** v Občini Selnica ob Dravi)
- 6. (severovzhodna) točka mreže:  
y = 622.895 x = 147.915 (**Pince - Marof** v Občini Lendava)

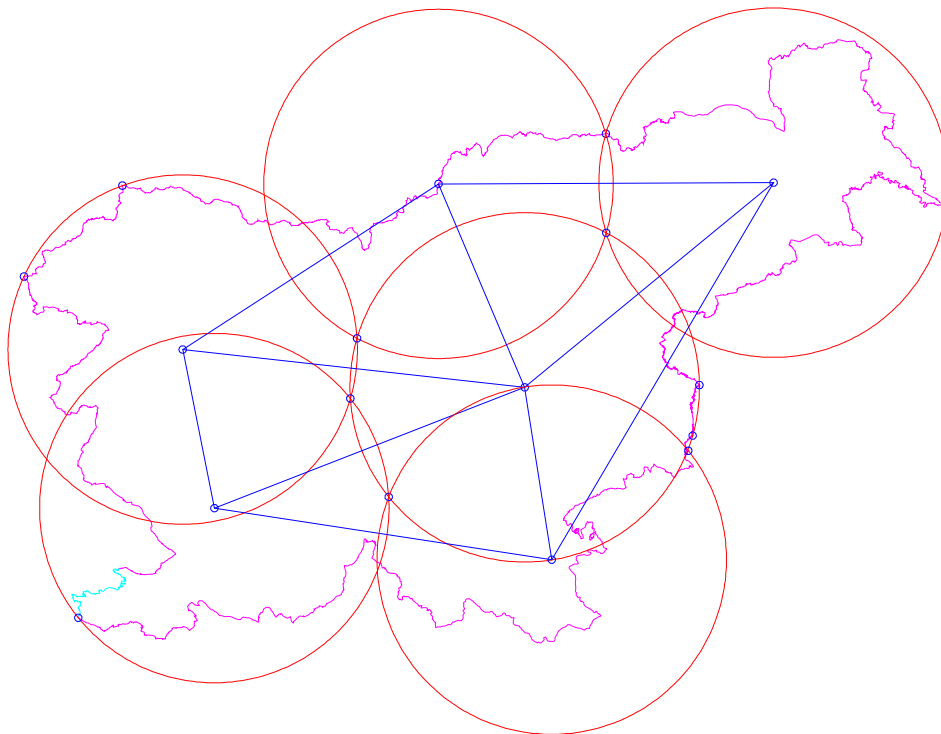


Slika 1.2.1-17: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bilo točk šest (upošteva prvo geometrijsko kriterij): sosednji točki mreže sta med seboj oddaljeni vsaj **93,14 km** (polmeri vseh krogov).

Pet točk leži na sami državni meji – 1. na meji z Italijo, 2. in 4. na meji s Hrvaško, 5. na meji z Avstrijo, 6. pa praktično na tromeji s Hrvaško in Madžarsko. Šest je najmanjše število točk mreže, da se po prvem geometrijskem kriteriju (da naj si bodo točke čimbolj vsaksebi) ena izmed točk nahaja v notranjosti državnega ozemlja, torej kot osrednja točka mreže (tj. 3. točka mreže – Ljubljana). Površina trikotnikov mreže je 22.697 km<sup>2</sup>, kar je 112,1 % površine države.

Upošteva drugi geometrijski kriterij (da naj točke čimbolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje, hkrati pa naj si bodo čimbolj vsaksebi) so za mrežo s šestimi točkami njihove optimalne lokacije:

- 1. (severozahodna) točka mreže:  
 $y = 417.947$   $x = 109.846$  (**Orehak** v Občini Cerkno)
- 2. (jugozahodna) točka mreže:  
 $y = 426.469$   $x = 67.146$  (**Senožeče** v Občini Divača)
- 3. (osrednja) točka mreže:  
 $y = 510.024$   $x = 99.663$  (**Osredek pri Krmelju** v Občini Sevnica)
- 4. (jugovzhodna) točka mreže:  
 $y = 517.304$   $x = 53.265$  (**Vinji Vrh pri Semiču** v Občini Semič)
- 5. (osrednja severna) točka mreže:  
 $y = 486.826$   $x = 154.445$  (**Podkraj pri Mežici** v Občini Mežica)
- 6. (severovzhodna) točka mreže:  
 $y = 577.016$   $x = 154.774$  (**Kokolajnsčak** v Občini Sveti Jurij)



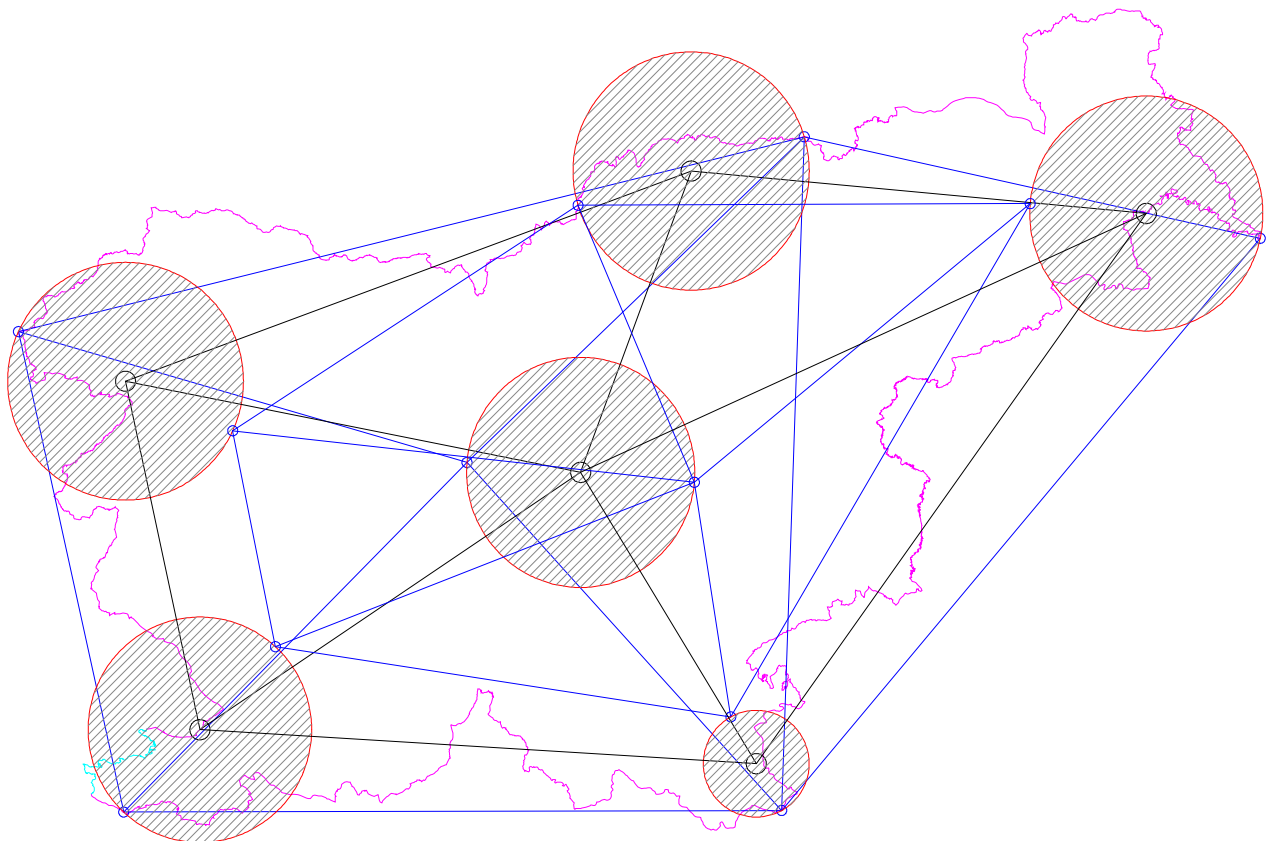
Slika 1.2.1-18: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bilo točk šest (upošteva drugi geometrijski kriterij); nobena točka znotraj državnega ozemlja ni od najbližje izmed šestih točk oddaljena za več kot **47,03 km** (polmeri vseh krogov).

Ob takšni razporeditvi točk mreže 0. reda bi bile »najbolj robne točke« državnega ozemlja točke na območjih naselij **Gradišče na Kozjaku** v Občini Selnica ob Dravi, **Rateče** v Občini Kranjska Gora, **Breginj** v Občini Kobarid, **Parecag** v Občini Piran ter **Rigonce**, **Rakovec** in **Orešje na Bizeljskem** v Občini Brežice, ki bi bile od najbližje točke 0. reda oddaljene **47,03 km**; štiri točke znotraj državne meje pa bi bile na tej isti oddaljenosti hkrati od treh najbližjih točk mreže (slika 1.2.1-18).

Šest je najmanjše število točk mreže, da se tudi po drugem geometrijskem kriteriju (da naj točke čimbolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje, hkrati pa naj si bodo čimbolj vsaksebi) ena izmed točk pojavlja kot osrednja točka mreže (tj. 3. točka mreže – Osredek pri Krmelju).

Kot kombinirani predlog za umestitev šestih točk mreže 0. reda, upoštevaje oba geometrijska kriterija, lahko vzamemo lokacije točk, ki so nekje vmes – npr. v središčih zveznic obeh lokacij (za posamezno točko). Tako dobimo točke:

- 1. (severozahodna) točka mreže:  
 $y = 396.578$   $x = 119.653$  (**Kamno** v Občini Tolmin)
- 2. (jugozahodna) točka mreže:  
 $y = 411.405$   $x = 50.732$  (**Socerb** v Občini Koper)
- 3. (osrednja) točka mreže:  
 $y = 487.352$   $x = 101.618$  (**Litija**, sedež istoimenske občine)
- 4. (jugovzhodna) točka mreže:  
 $y = 522.373$   $x = 44.010$  (**Bedenj** v Občini Črnomelj)
- 5. (osrednja severna) točka mreže:  
 $y = 509.386$   $x = 161.221$  (**Trbonje** v Občini Dravograd)
- 6. (severovzhodna) točka mreže:  
 $y = 600.176$   $x = 152.824$  (**Gibina** v Občini Razkrižje)



Slika 1.2.1-19: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bilo točk šest (kombinacija obeh geometrijskih kriterijev); vzeta je »sredina« predlogov, pripravljenih glede na posamezna kriterija (označeno s črno barvo).



Slika 1.2.1-20: Izbor optimalnih lokacij točk mreže 0. reda, če bi bilo točk šest (kombinacija obeh geometrijskih kriterijev); podloga je državna pregledna karta v merilu 1 : 1.000.000 (ustrezno pomanjšana).



Primerjava mrež 0. reda, zasnovanih glede na geometrijske kriterijeMreža treh točk glede na geometrijske kriterije:

	1. kriterij	2. kriterij	Kombinacija
Najmanjša dolžina stranice	174,9 km	88,7 km	124,1 km
<b>Povprečna dolžina stranice</b>	<b>194,1 km</b>	<b>119,6 km</b>	<b>152,3 km</b>
Največja dolžina stranice	232,6 km	171,2 km	196,5 km

Mreža štirih točk glede na geometrijske kriterije:

	1. kriterij	2. kriterij	Kombinacija
Najmanjša dolžina stranice	133,1 km	88,4 km	104,4 km
<b>Povprečna dolžina stranice</b>	<b>142,3 km</b>	<b>104,8 km</b>	<b>120,3 km</b>
Največja dolžina stranice	156,8 km	120,0 km	141,1 km

Mreža petih točk glede na geometrijske kriterije:

	1. kriterij	2. kriterij	Kombinacija
Najmanjša dolžina stranice	114,9 km	58,6 km	86,4 km
<b>Povprečna dolžina stranice</b>	<b>129,1 km</b>	<b>80,1 km</b>	<b>104,6 km</b>
Največja dolžina stranice	166,5 km	97,1 km	131,1 km

Mreža šestih točk glede na geometrijske kriterije:

	1. kriterij	2. kriterij	Kombinacija
Najmanjša dolžina stranice	93,1 km	43,5 km	63,5 km
<b>Povprečna dolžina stranice</b>	<b>114,1 km</b>	<b>80,1 km</b>	<b>96,6 km</b>
Največja dolžina stranice	161,4 km	117,8 km	133,8 km

## 1.2.2 Umestitev mreže glede na reliefne danosti

Pri umestitvi mreže geodetskih točk 0. reda glede na reliefne danosti je treba upoštevati predvsem naslednje vidike:

- možnost izvajanja vseh tipov geodetskih meritev na točki oziroma do točke (predvsem je tu pomembna možnost kakovostnega niveliranja do točke ter omejitev glede postavitve mareografov – na obali);
- delež vidnega neba, ki vpliva na količino sprejemanja GNSS-signalov;
- reliefne oblike v neposredni okolici točke, ki lahko vplivajo na kakovost sprejemanja GNSS-signalov (pojav večpotja);
- dostopnost lokacije (razpoložljive komunikacije in načini prevoza – tako za potrebe dostopa ob geodetskih delih na točki kot tudi za potrebe same izgradnje ustrezne infrastrukture na točki).

V praksi so omejitve glede reliefnih danosti najbolj povezane z višinomerstvom – smiselno bi se bilo pri iskanju makrolokacij omejiti na bližino NVN oziroma nivelmanov višjih redov. Med razpoložljivimi lokacijami je potem treba poiskati tiste, ki so ugodne tudi za GNSS-postaje – pomemben vidik je torej tudi čim večji delež vidnega neba.



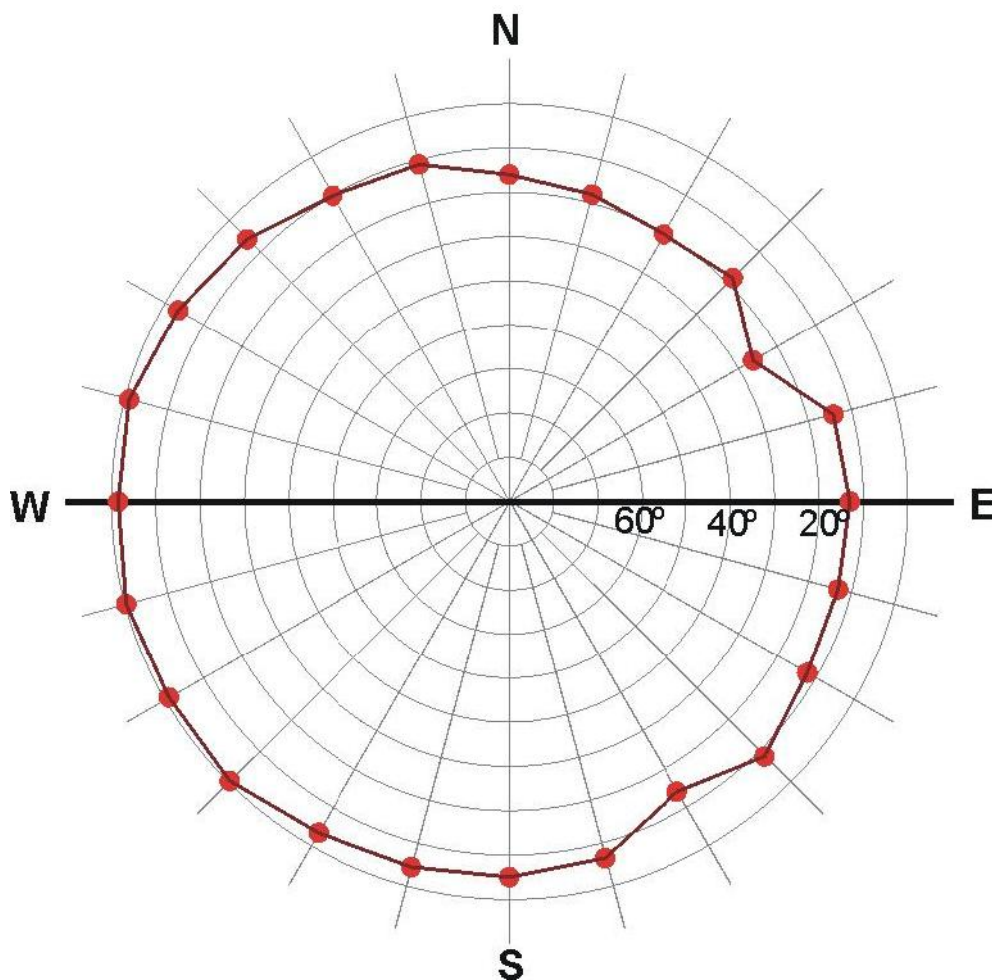
Slika 1.2.2-1: GPS-postaja Mt. Murray blizu kraja La Malbaie, Quebec;  
primer idealne lokacije točke z vidika negativnih vplivov reliefa  
© Natural Resources Canada (foto: S. Mazzotti).

### 1.2.3 Umestitev mreže glede na vegetacijo in klimatske danosti

Pri umestitvi mreže geodetskih točk 0. reda glede na vegetacijo in klimatske danosti je treba upoštevati predvsem naslednje vidike:

- delež vidnega neba, ki vpliva na kolikost sprejemanja GNSS-signalov (določljiv iz skyplota);
- vegetacija v neposredni okolici točke, ki lahko vplivajo na kakovost sprejemanja GNSS-signalov (pojav večpotja);
- možnost neprekinjenega kakovostnega izvajanja meritev – problematika snežnih padavin, žleda, vetrovne razmere, nevarnost strele ipd.

Predvsem odsotnost vegetacije je posebej pomembna za GNSS-postaje – čim večji delež vidnega neba, ki ga lahko določimo s testnimi meritvami; rezultat je t. i. »station horizon mask« (slika 1.2.3-1).



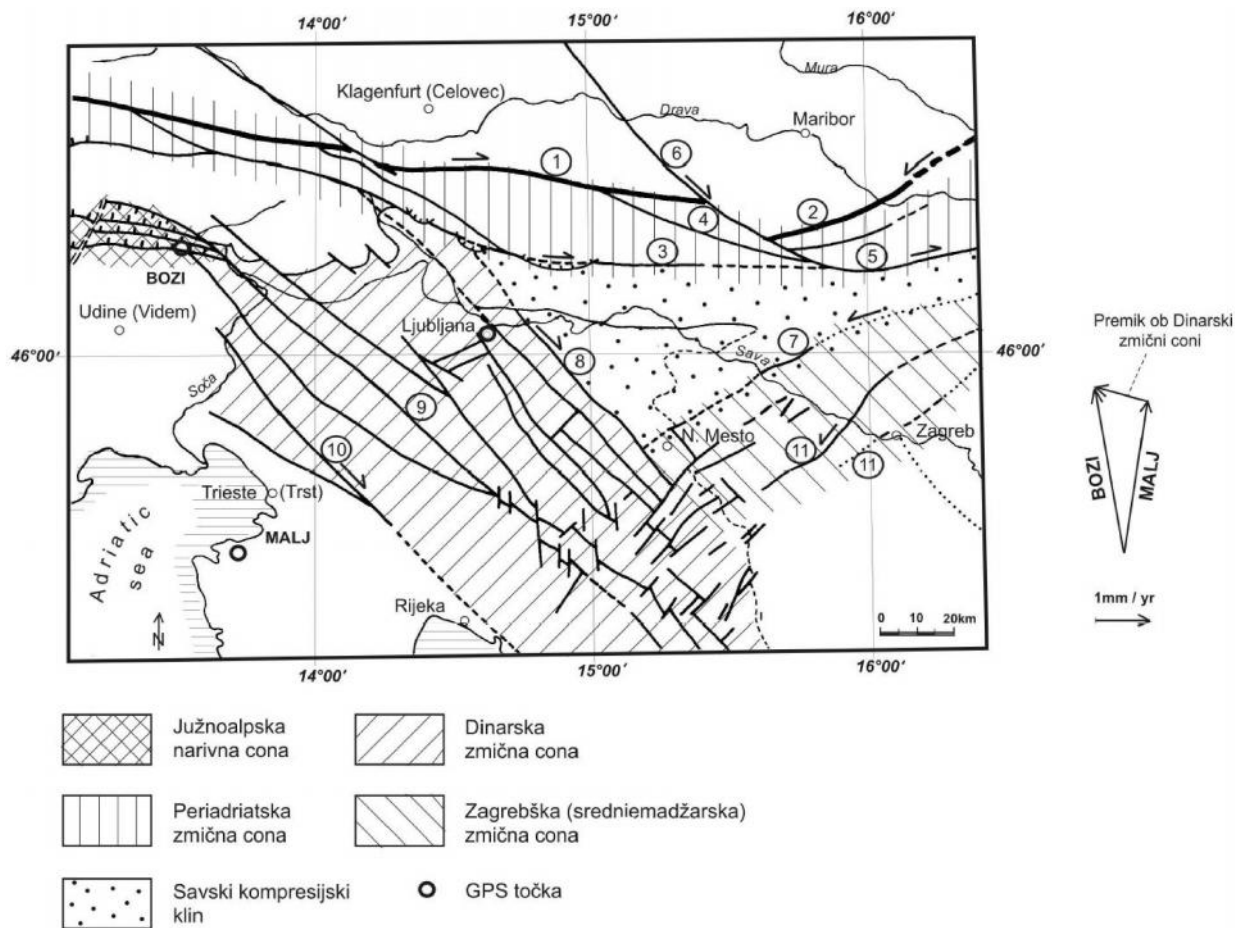
Slika 1.2.3-1: Primer »station horizon mask« za GNSS-postajo.

### **1.2.4 Umestitev mreže glede na geološke, hidrološke in geotektonske danosti**

Pri umestitvi mreže geodetskih točk 0. reda glede na geološke, hidrološke in geotektonske danosti je treba upoštevati predvsem naslednje vidike:

- izogibanje tektonskim prelomnicam (mreža 0. reda kot osnovna infrastruktura za geodetsko spremljanje geodinamičnih dogajanj) – izogibanje prelomnicam pomeni, da vemo na kateri strani najbližje prelomnice se nahaja točka (slika 1.2.4-1);
- izogibanje območjem z aktivnimi lokalnimi deformacijami zemeljskega površja (območja z zaznavnim posedanjem, plazovita območja, erozivna območja);
- izogibanje območjem z večjimi nihanjem v nivoju bližnjih tekočih in stoječih voda ter podtalnice, kar vse vpliva na spremembe v Zemljinem težnostnem polju (pomembno za gravimetrijo), pa tudi v lokalnem nihanju nadmorske višine točke (pomembno za višinsko komponento položaja);
- izogibanje neugodnim geološkim strukturam na površini in v notranjosti Zemlje s stališča motenj v njenem težnostnem polju (pomembno za gravimetrijo) in magnetnem polju (pomembno za magnetometrijo);
- izogibanje neugodnim hidrološkim režimom na obali – pritoki rek z nihanjem deleža sladke vode, slanosti vode ipd. (omejitev glede postavitve mareografov).

Glede na vse naštetu bo za dokončen izbor mikrolokacije potrebno ekspertno mnenje strokovnjakov za omenjena področja (geologi, hidrologi, seizmologi).



Slika 1.2.4-1: Shematizirana tektonska karta Slovenije; 1 – Smrekovski (Periadriatski) prelom, 2 – Ljutomerski prelom, 3 – Savski prelom, 4 – Šoštanjski prelom, 5 – Donački prelom, 6 – Labotski prelom, 7 – Orliški prelom, 8 – Stiški prelom, 9 – Idrijski prelom, 10 – Raški prelom, 11 – Svetojanski prelom

© SZGG · FGG [Vodopivec in sod., 2007, str. 10].

### 1.2.5 Umestitev mreže glede na druge vplivne dejavnike

Med drugimi vplivnimi dejavniki na snovanje mreže geodetskih točk 0. reda so pomembni še:

- odsotnost motečih objektov – zaradi svoje masivnosti (pomembno za gravimetrijo), materiala (npr. kovina; pomembno za magnetometrijo), oblike in teksture robnih ploskev (pomembno za GNSS-opazovanja – pojav večpotja);
- odsotnost motečih naprav – zaradi elektromagnetnih učinkov (npr. transformatorske postaje), zaradi oddajanja elektromagnetnega valovanja na neugodnih frekvencah (npr. radijski oddajniki, pretvorniki, infrastruktura GSM-omrežij ipd.), zaradi tresljajev in podobnih motečih učinkov (predvsem za gravimetrijo) in drugega;
- bližina ustrezne prometne infrastrukture, vendar ne moteče (glej prejšnjo alineo – predvsem problem tresljajev),
- možnost priključitve na energetska omrežja (električni priključek);
- možnost priključitve na telekomunikacijska omrežja (telefon, optični kabel, ADSL, pokritost z GSM-signalom kot alternativa);
- urbanistična ureditev – dovoljeni posegi v prostor, morebitni režimi varovanja naravne in kulturne dediščine, vodovarstvena območja, vojaška območja, druge prostorske omejitve;
- bližina naselja in možnost zagotavljanja hitrih intervencij na lokaciji;
- drugi dejavniki – odvisni tudi od predvidenih funkcij (npr. posebne zahteve za mareografske postaje).

Glede zahtevane infrastrukture za stalne postaje GNSS so potrebne izkušnje že bile pridobljene [Kozmus in Stopar, 2004; Berk in sod., 2006; Radovan, 2007]; upoštevati velja izkušnje Službe za GPS, ki upravlja z omrežjem SIGNAL.

## **1.3 Pregled in analiza že obstoječih kombiniranih geodetskih mrež**

### **1.3.1 Global Geodetic Observing System – GGOS**

GGOS predstavlja sistem, ki je bil definiran znotraj mednarodne organizacije IAG (angl. International Association of Geodesy) julija 2003 in predstavlja sodelujoči organ v okviru GEO (Group of Earth Observation). GGOS predstavlja prispevek geodetske stroke in znanosti sistemom GEOSS (angl. Global Earth Observation System of Systems).

Glavni pomen GGOS je poenotenje in združitev različnih služb organizacije IAG, in sicer; IGS (angl. International GNSS Service), IVS (angl. International VLBI Service), ILRS (angl. International Laser Ranging Service), IGFS (angl. International Gravity Field Service), IERS (angl. International Earth Rotation Service), IDS (angl. International DORIS Service) itd. Cilj GGOS je zagotovitev kakovostnih koordinatnih sistemov in sestavov, ki so pomembni za globalna geodetska opazovanja. V okvir delovanja GGOS so vključene vse zgoraj naštetе službe, ki že samostojno podajajo razne produkte in parametre globalnih referenčnih sistemov in sestavov, le-ta v okviru GGOS te produkte in parametre poenotijo na enoten (bolj kakovosten) koordinatni sestav. GGOS teži k zagotavljanju kakovostnih geometričnih in fizikalnih podatkov stanja Zemlje kot planeta v prostoru in času.

Poleg geodetskega pomena GGOS na znanstvenem nivoju je cilj tudi zagotavljanje kakovostnih prostorskih podatkov vsem ostalim strokam in promocija geodezije, kot krovne stroke in znanosti, ki se ukvarja in pridobiva podatke o prostoru. Splošne cilje GGOS lahko razdelimo na:

- Opazovanja: Vzpostavitev in vzdrževanje že obstoječih geometričnih in fizikalnih referenčnih sestavov, ki temeljijo na časovnih vrstah (na osnovi geodetskih opazovanj) treh pilotov geodezije: geometrija površja Zemlje, težnostno polje Zemlje in parametri rotacije Zemlje
- Produkti: Zagotavljanje vseh pomembnih produktov vseh služb znotraj IAG na nivoju natančnosti  $10^{-9}$ .
- Predstavitev: GGOS bo promoviral in izboljšal vpliv in vlogo geodetske stroke v družbi. Cilj je postaviti geodezijo kot krovno stroko, ki zagotavlja podatke o prostoru v enoličnem in kakovostnem koordinatnem sistemu.

### 1.3.2 European Combined Geodetic Network – ECGN

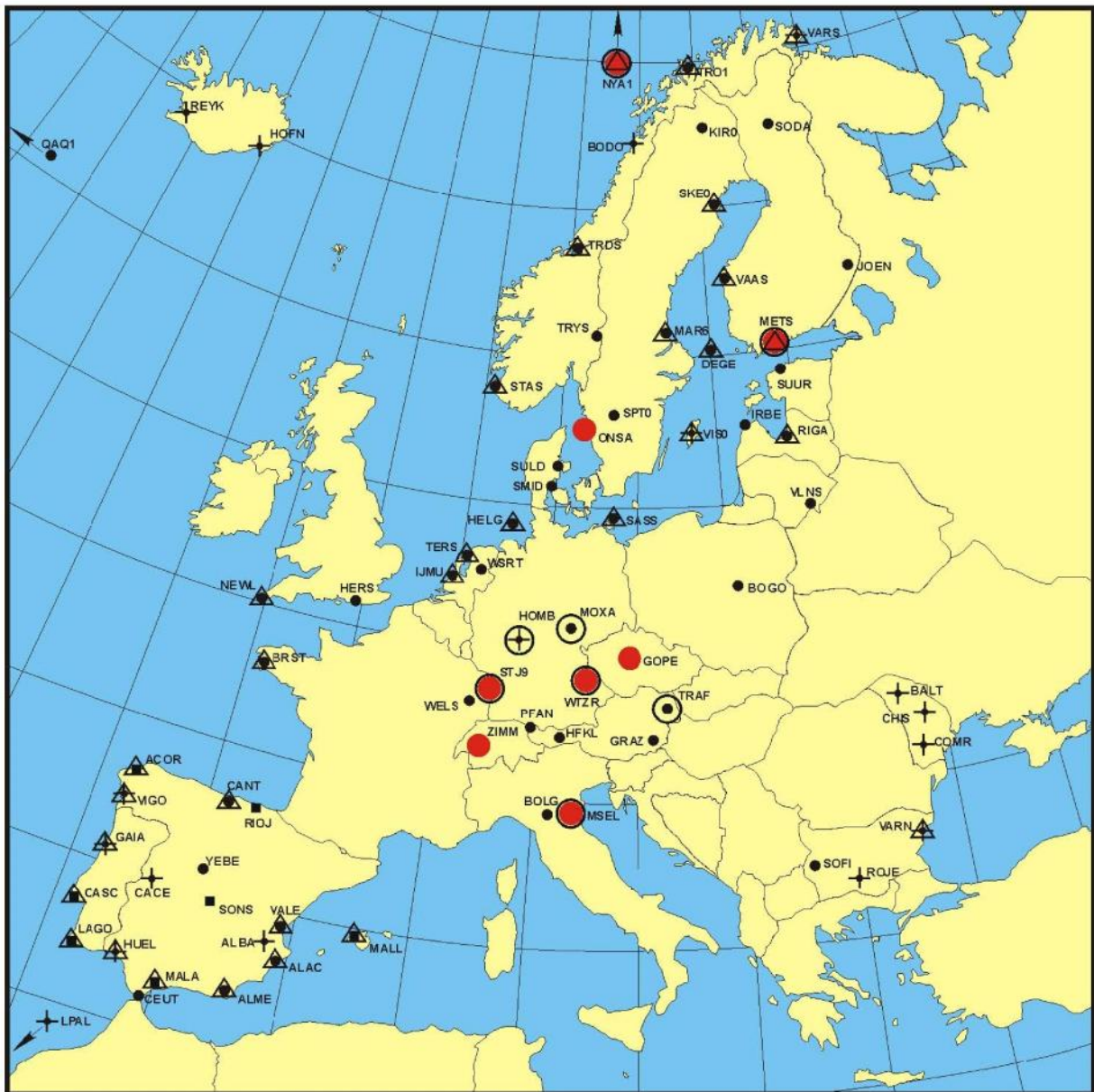
ECGN predstavlja podobno omrežje kot GGOS, le na območju Evrope. Cilji ECGN so vzdrževanje terestričnega koordinatnega sestava na dolgi rok na območju Evrope, s poudarkom na višinskem sistemu. Namen je povezava geometričnega prostora Evrope (GNSS) s fizikalnim prostorom (gravimetrija) na nivoju 1 cm in spremljanje sprememb obeh prostorov v času. Pobuda po ECGN je bila izražena leta 2002 na EUREF simpoziju v Ponta Delgadi (Azori), kot prispevek Evrope k GGOS.

ECGN zajema različne merske tehnike, in sicer satelitske (GNSS), terestrične (nivelman), gravimetrične (absolutne, relativne), meritve gladine morja (mareografi) itd. V splošnem se za potrebe ECGN projektov uporabijo že obstoječe podatkovne baze.

Za vsako od merskih tehnik ECGN predpisuje smernice za pridobivanje merskih podatkov, torej za izvedbo meritev, pričakovano točnost meritev in poročila o izvedenih meritvah:

- Metapodatki: v predpisanih obrazcih se opiše razpoložljivost uporabljenih podatkov in kako, kje jih je možno pridobiti.
- GNSS: vse ECGN postaje morajo izpolnjevati standarde EPN (EUREF Permanent network).
- Gravimetrične meritve: za absolutne gravimetrične meritve se bo vzpostavila skupna podatkovna baza. ECGN standardi predpisujejo izvedbo meritev, podatkovne formate in dokumentiranje meritev.
- Niveliranje: vse ECGN postaje morajo biti vključene v UELN (United European Levelling Network).
- Mareografske meritve: za mareografske meritve so predpisani standardi PSMSL (Permanent Service of Mean Sea Level Observing System) in ESEAS (European Sea Level Service ESEAS).
- Lokalne kontrolne mreže.





Status: 2005-03-24

Status and Techniques (Standard: GPS, absolute gravity, levelling)

- core station      ● super conducting gravimeter      ○
- station            ● tide gauge                                      △
- candidate station      ■
- proposed station      +

Slika 1.3.2-1: Razporeditev in status predlaganih ECGN postaj [Ihde in sod. 2004].

### 1.3.3 Nordic Geodetic Observing System – NGOS

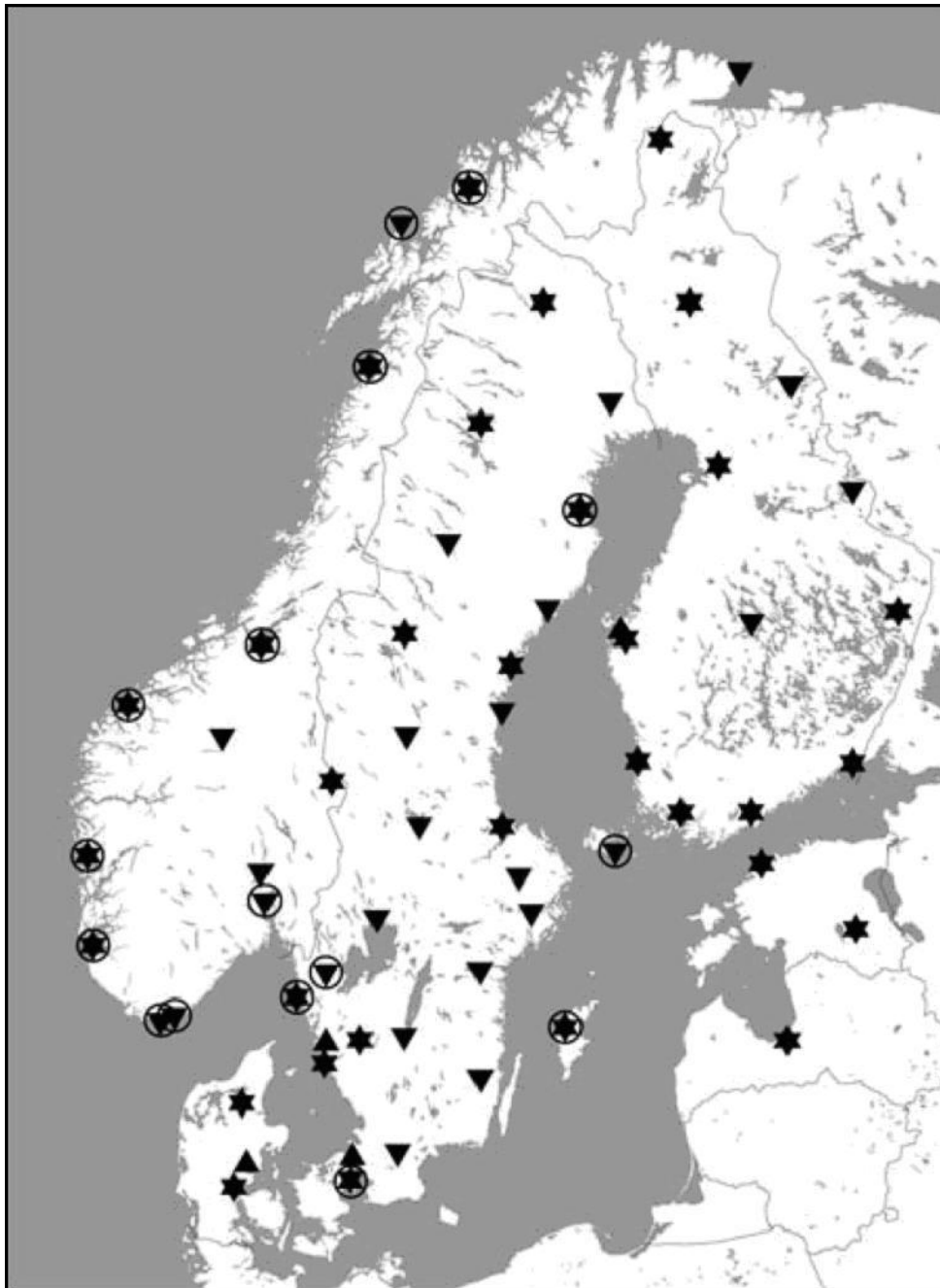
NGOS predstavlja prispevek Skandinavskih držav k GGOS. Naloge in cilji NGOS so podobni kot naloge in cilji GGOS in ECGN, le da je tu poudarek na tektoniki, geodinamiki ledeniških območij in spremljanju nivoja morske gladine.

NGOS je infrastruktura za geodetska opazovanja, ki so nujna za širok spekter znanstvenih in praktičnih aplikacij tako v Nordijski regiji kot tudi na globalnem nivoju. Združuje fundamentalne geodetske tehnike za opazovanja globalnih parametrov, ki opisujejo spremembe na Zemlji in v njeni notranjosti. Za Skandinavske države je pomemben predvsem z vidika proučevanja tektonskih premikov, dinamike ledeniških območij in nivoja morske gladine.

L. 2003 je IAG (International Association of Geodesy) na zasedanju IUGG v Saporu, Japonska, ustanovilo GGOS (Global Geodetic Observing System) kot enega od dolgoročno zastavljenih projektov. Projekt NGOS se je začel pod okriljem Skandinavske komisije za geodezijo (NGC – Nordic Geodetic Commission) in je sistem, ki realizira GGOS na regionalnem nivoju.

Glavne naloge NGOS so:

- Podpora GGOS in IAG.
- Podpora globalnim sistemom za opazovanje Zemlje (npr. G3OS in GLOSS).
- Podpora evropskim aktivnostim, kot so npr. EUREF, ECGN, EuroGOOS in ESEAS.
- Podpora GMES (Global Monitoring for Environment and Security).
- Zagotovitev referenčnega sestava za Skandinavske države in podpora globalnim referenčnim sestavom.
- Podpora znanstvenim projektom v povezavi z geodinamiko Skandinavske regije.
- Zagotovitev navezovalnih točk na zemeljski površini za satelitske misije.



Slika 1.3.3-1: Točke v NGOS: absolutne gravimetrične točke (trikotniki), stalne GNSS-postaje (navzdol obrnjeni trikotniki) in mareografske postaje (krogi)

© Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research  
[Poutanen in sod., 2005, str. 96].

### 1.3.4 Swiss Combined Geodetic Network – CH-CGN

Izraz CH-CGN predstavlja projekt vključitve geodetske referenčne točke Zimmerwald v ECGN. Predlog projekta vključitve točke Zimmerwald v ECGN je bil izdelan leta 2003, v katerem sodelujejo trije partnerji, in sicer; Astronomski inštitut Univerze v Bernu (AIUB), Geodetska uprava Švice (Swisstopo) in ETH Zurich.

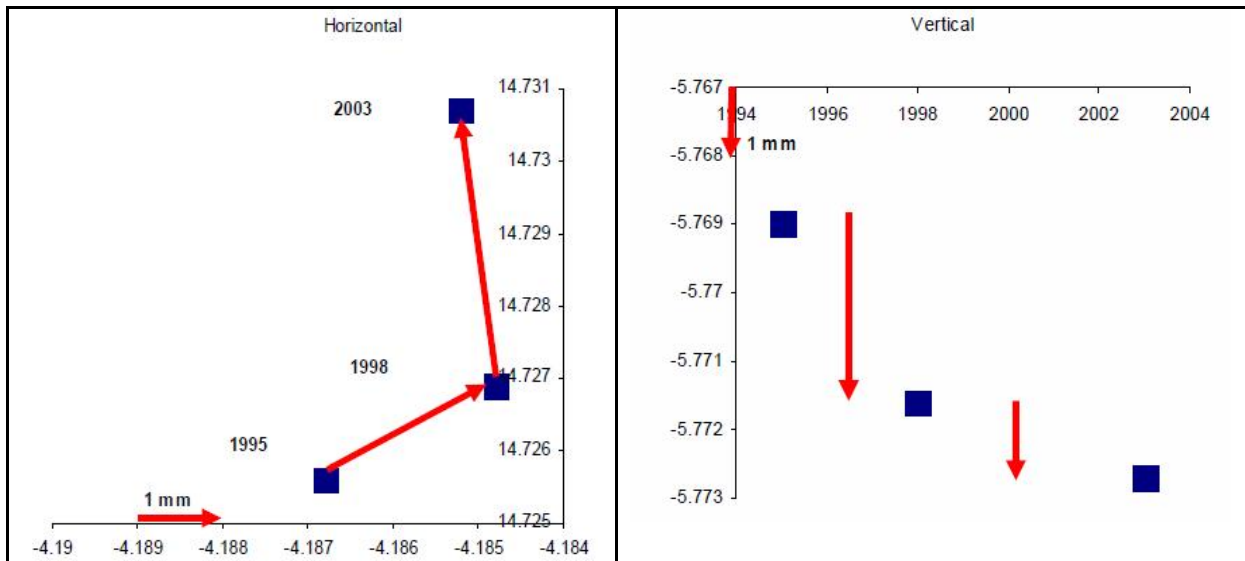
Primarna naloga projekta je združitev različnih geodetskih opazovanj, kot so SLR, določitev položaja s tehnologijo GNSS, gravimetrične meritve in niveliranje kot tudi meritve odklonov navpičnice na referenčni točki Zimmerwald, ki bi na ta način postala referenčna ECGN (European Combined Geodetic Network) postaja. Poleg tega je bila naloga projekta tudi povezava nacionalnih referenčnih omrežij, kot so AGNES (Automated GPS Network of Switzerland), LV95 (GPS referenčno omrežje) in LHN95 (nova državna višinska mreža). Z namenom izboljšave lokalnega modela geoida so bile izvedene astronomske meritve z uporabo dveh različnih digitalnih zenitnih fotoaparatorov (ang. »digital zenith camera system«), določene višine s tehnologijo GNSS ter absolutne in relativne gravimetrične meritve. Kombinirana kinematična izravnava GPS-koordinat, nivelmanske mreže in novega modela geoida naj bi tako privedla do kakovostnega nacionalnega geodetskega referenčnega sistema.

V letih 2003 – 2004 so bile izvedene številne meritve, ki imajo regionalni (ECGN) in nacionalni (CH-CGN) pomen.

#### • *Prispevek k ECGN:*

- Meritve odklonov navpičnice na postaji Zimmerwald z dvema različnima digitalnima zenitnima fotoaparatomoma s standardnim odklonom 0.1" za posamezno meritvev.
- Absolutne gravimetrične meritve: izvajajo se enkrat letno na postaji Zimmerwald. Marca 2004 je Švicarski urad za meroslovje izvedel meritve z absolutnim gravimetrom FG5. Izmerjena vrednost težnostnega pospeška se je dobro ujemala z rezultati meritev Italijanskega inštituta za meroslovje (Istituto di Metrologia »Gustavo Colonnetti« - IMG) iz leta 1997.
- Relativne gravimetrične meritve med stalno delujočima gravimetroma LCR ET 25 na postaji Zimmerwald in FG5 v laboratoriju izvaja Swisstopo skupaj z EPF Lausane vsake pol leta z uporabo Scinterx-5. Razdalja med obema gravimetroma je nekaj kilometrov.
- Meritve parnega tlaka: leta 2003 je Vojaška univerza iz Münchna (University of Armed Forces Munich) izvajala meritve parnega tlaka na treh stalnih postajah GPS omrežja AGNES: Berne (EXWI), Jungfrauoch (JUJO) in Zimmerwald (ZIMM).
- Zavarovalne mreže: za povezavo med GPS in SLR je bila leta 1987 vzpostavljena lokalna kontrolna mreža. Od takrat je bila mreža redno opazovana v letih 1989, 1992, 1995 (pred in po namestitvi novega teleskopa), 1998 in 2003. Opazovanja celovite mreže so predvidena za vsakih 5 let, kontrolne in manj obsežne meritve pa so načrtovane vsako leto sproti glede na plan aktivnosti ECGN. Spodnji sliki prikazujeta merjene razlike »novega« SLR teleskopa,

nameščenega 1995, relativno glede na GPS referenčno točko iz katerih je razviden signifikanten premik laserja (5-6 mm v ravnini in -3 mm po višini od leta 1995). Razlike so bile razvidne tudi rezultatov niveliranja na reperjih v bližini teleskopa. Kljub temu, da je videti, da se je pogrezanje ustavilo, je potrebno zaznane razlike upoštevati pri primerjavi meritev GPS in SLR.



Slika 1.3.4-1: Razlike SLR teleskopa relativno glede na GPS referenčno točko od leta 1995 dalje. Levo so prikazani premiki v ravnini, desno vertikalni premiki [Brockman in sod., 2006].

#### • **Izračun kakovostnega geoida (državni nivo)**

Leta 2005 je bil izračunan kakovosten model geoida CHGeo2004 natančnosti 1-3 cm. [spletna stran Swisstopo:

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/en/home/topics/survey/sys/geoid.html>]

Pomembni vhodni podatki za izračun geoida so bili pridobljeni v GPS zgoštitvenih kampanjah in astrogeodetski kampanji CHGeoid2003, ki so bile izvedene v okviru CH-CGN.

#### • **Astro kampanja 2003**

V letih od 2001 do 2003 je Univerza Hannover v sodelovanju z ETH Zurich razvila dva avtomatizirana sistema digitalnih fotoaparátov TZK2-D in DIADEM. Oktobra 2003 so bile izvedene meritve na 65 točkah z namenom:

- izboljšave geoida z zamenjavo nekaterih starejših astrogeodetskih opazovanj,
- zgoštitve mreže merjenih odklonov navpičnice,
- določitve točnosti odklonov navpičnice s primerjavo meritev dveh različnih sistemov.

Opazovanja so bila izvedena na 4-5 točkah na noč (odvisno od vremenskih razmer in razdalje med točkami). Položaj instrumenta je bil določen z uporabo swipos GIS/GEO storitve, ki omogoča določitev položaja z natančnostjo, boljšo od 10 cm. 80-160 ponovitev opazovanj v 2-4 različnih azimutalnih smereh je bilo izvedenih v približno 1 uri. Večina točk je bila določena z natančnostjo, boljšo od 0.1", kar pomeni 3-4 krat boljšo natančnost, ki se jo da doseči z analognim zenitnim fotoaparátom.

Rezultati Astro 2003 kampanje so bili skupaj s prej pridobljenimi 690 odkloni navpičnice uporabljeni za izračun izboljšane geoida. V sklopu kampanje so bila tako odkrita opazovanja slabše kakovosti. Praktično vsa opazovanja odklonov navpičnice, izvedena pred l. 1980 so morala biti izključena iz podatkov za izračun geoida.

- **GPS-višinomerska kampanja 2003**

Med Aprilom in Oktobrom 2003 je bila izvedena GPS kampanja z glavnim namenom zgostitve omrežja na območjih blizu meje in na tistih območjih, kjer so bila odstopanja med opazovanji nivelmana, GPS višinami in modelom geoida neprimerno velika.

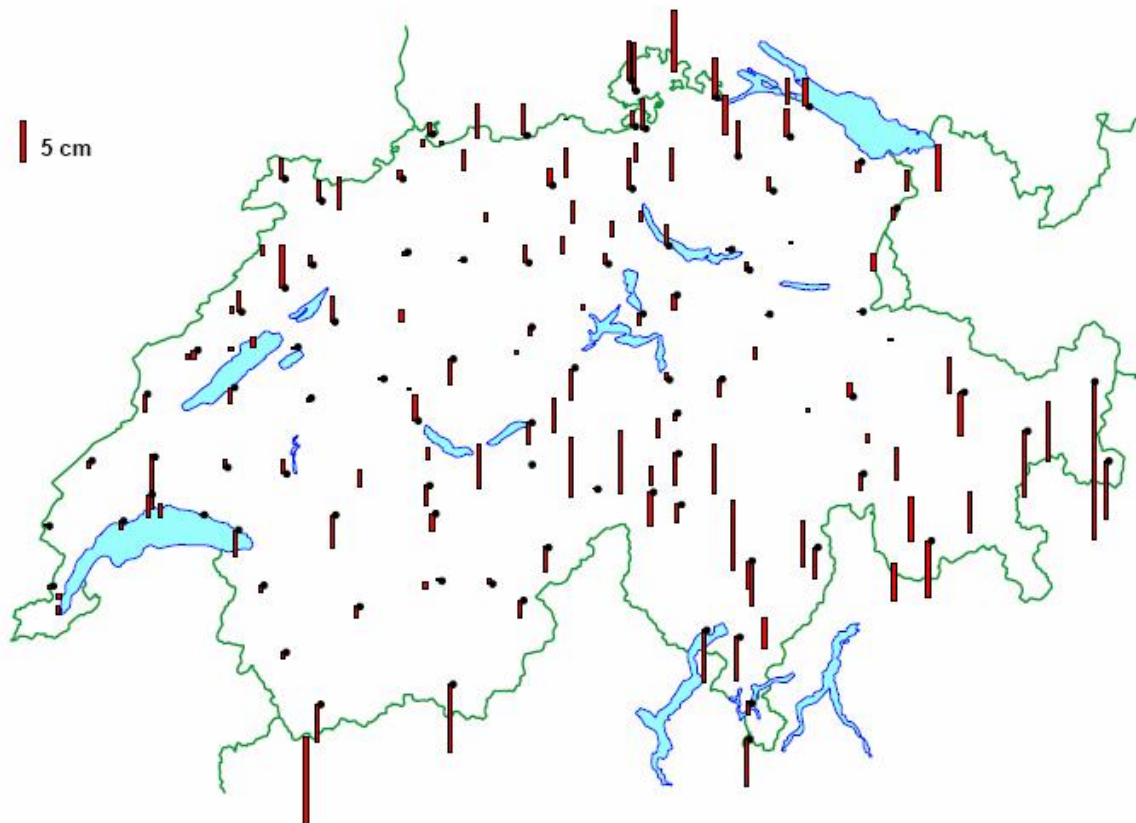
Izbranih je bilo 37 novih GPS točk v bližini točk nivelmana. Ker je bil kriterij bližine točk nivelmana najbolj pomemben, je bilo v območju Alp dostikrat težavno zagotoviti odlično vidnost satelitov, zato so se na eni točki izvedle 4 24-urne serije GPS opazovanj.

GPS opazovanja so bila obdelana skupaj z opazovanji 29 stalnih postaj GPS s programski orodjem Bernese 4.2. Rezultat kombinirane obdelave vseh GPS kampanj od leta 1988 dalje je nova določitev GPS višin na približno 190-ih točkah.

Nova opazovanja so se zelo dobro prilegala že obstoječim opazovanjem GPS višin, zato opazovanja te kampanje niso bistveno spremenila rezultatov izračuna novega geoida.

- **Izboljšan model geoida**

Na spodnji sliki so prikazane razlike na točkah z izmerjeno GPS višino v primerjavi z modelom geoida CHGeo98 v letu 2003 [Brockman in sod., 2003], kjer je razviden sistematičen zamik +5 cm na SZ in -8 cm na JV. Poleg tega so vidne tudi lokalna neskladja na nekaterih območjih kot npr. v Centralnih Alpah in v bližini vzhodne meje z Avstrijo. Glavni razlog za odstopanja so bile verjetno sistematične napake v modelu geoida CHGeo98, ki je bil izračunan kot kombinirana rešitev odklonov navpičnice in GPS višin.



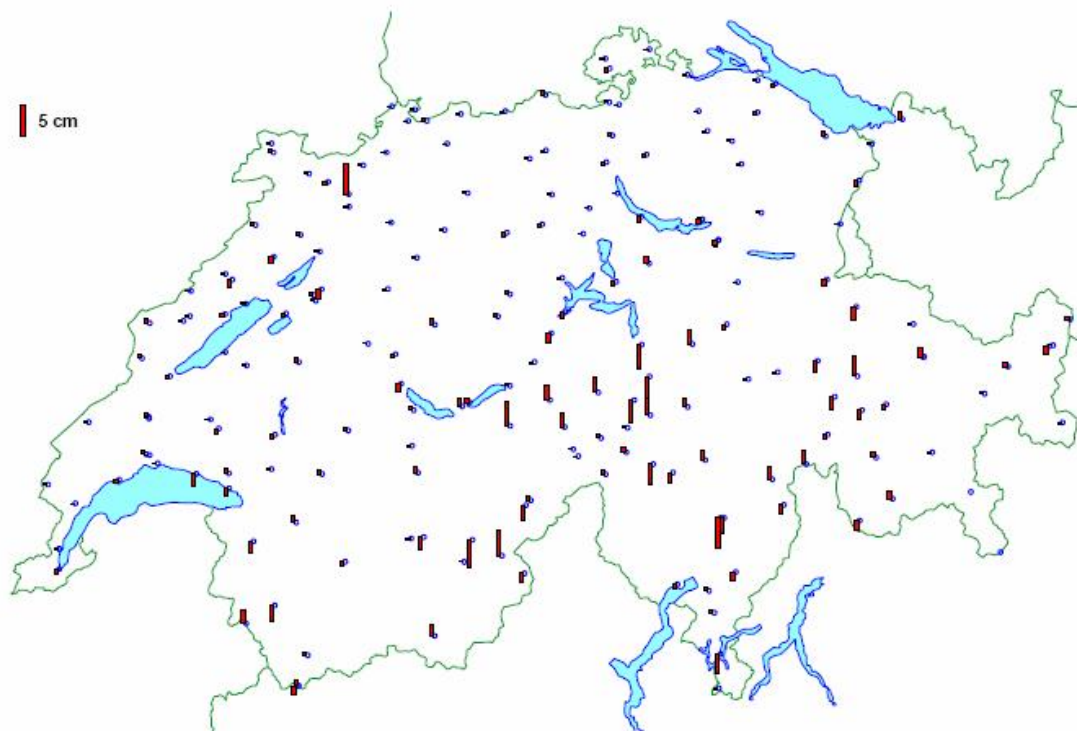
Slika 1.3.4-2: Odstopanja modela geoida CHGeo98 na GPS višinskih točkah v letu 2003

[Brockman in sod., 2006].

Sistematične napake in druge lokalne nepravilnosti so bile razlog za začetek projekta določitve novega nacionalnega modela geoida. Potek izračuna je bil v osnovi enak kot za CHGeo98:

- redukcija vseh opazovanj na ničelno nivojsko ploskev in upoštevanje vpliva topografskih mas (ang. »models of density anomalies«),
- redukcija z globalnim geopotencialnim modelom,
- kolokacija po metodi najmanjših kvadratov,
- končni izračun geoida in kvazigeoida.

Že iz predhodnih (izključno astrogeodetske) rezultatov izračuna modela geoida je bilo razvidno, da je možno odstraniti sistematične napake takratnega modela geoida z vključitvijo opazovanj astro kampanje 2003 in z izključitvijo starejših astrogeodetskih opazovanj, ki so verjetno vsebovala sistematično napako reda 0,1”.



Slika 1.3.4-3: Odstopanja preliminarnega modela geoida CHGeo2004 na GPS višinskih točkah  
[Brockman in sod., 2006].

### 1.3.5 Druga državna in regionalna omrežja

- Finska: Finski geodetski inštitut (Metsähovi fundamentalna postaja);  
[http://www.fgi.fi/osastot/tutkimus\\_eng.php?osasto=3](http://www.fgi.fi/osastot/tutkimus_eng.php?osasto=3).
- Belgija: Belgijski kraljevi observatorij;  
<http://www.astro.oma.be/EN/research/index.php>
- Luxemburg; Evropski center za geodinamiko in seizmologijo;  
<http://www.ecgs.lu/projects/>
- Madžarska: FÖMI Satellite Geodetic Observatory;  
[http://sgo.fomi.hu/kutatas\\_eng.php](http://sgo.fomi.hu/kutatas_eng.php)
- Češka: Geodetski observatorij Pecný;  
[http://pecny.asu.cas.cz/Joomla/index.php?option=com\\_frontpage&Itemid=1](http://pecny.asu.cas.cz/Joomla/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1)



## 2 Faza 2: Izhodišča za vzpostavitev kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture

*Poglavje 2.1 pripravila: Maja Bitenc, GI*

*Poglavji 2.2.1 in 2.2.3 pripravil: FGG*

*Poglavji 2.2.2 in 2.3 pripravil: Sandi Berk, GI*

Že sredi 90-ih je EUREF začel z vzpostavitvijo Evropskega sistema višin, ki je bil nato tudi uspešno realiziran kot EUVN in združuje GPS in nivelmanske meritve, meritve plimovanja ter težnosti. V nadaljevanju, od leta 2001 dalje, so se začeli pogovori o izvedbi integriranega geodetskega referenčnega sistema za celotno območje Evrope v kinematični obliki. Tako se je v sodelovanju med EUREF in IGGC začel razvoj Evropske kombinirane geodetske mreže ECGN.

Cilj ECGN, kot integriranega evropskega referenčnega sistema za prostorsko referenco in težnost je [EUREF 1]:

- vzdrževanje dolgoročno stabilnega terestričnega referenčnega sistema na območju Evrope; poudarek je predvsem na višinski komponenti,
- *In situ* združevanje meritev geometričnega položaja s fizikalno višino in drugimi parametri Zemljine težnosti; natančnost določitve položaja naj bi bila boljša od 1 cm,
- modeliranje vplivov časovno spreminjajočih se parametrov Zemljine skorje in težnostnega polja, atmosfere, in hidrosfere (oceani) na različne načine določanja položaja,
- prispevek k modeliranju težnostnega polja na območju Evrope, in s tem prispevek k globalnemu modelu težnosti,
- modeliranje komponent težnostnega polja, s katerimi se lahko preveri satelitske meritve težnosti (CHAMP, GRACE in GOCE),
- osnova za naslednje geo-komponente (GMES, GEOOS, GGOS).

ECGN predstavlja Evropski prispevek k IGGOS in dodatno vsebuje še nekaj svojih komponent. Glavna skrb projekta je povezovanje višinske komponente z gravimetričnimi opazovanji [EUREF 1]. ECGN naj bi v osnovi združeval položajni in višinski referenčni sistem (prostorski geodetski referenčni sestav) s parametri Zemljinega težnostnega polja kot so težnost, plima, oceanska plima itd. Dodatno so lahko vključena še meteorološka opazovanja in informacije o okolici merilne postaje, kot npr. o višini podtalnice, ekscentriciteta. Rezultat je torej dolgoročno stabilen terestrični referenčni sistem, ki omogoča določanje položaja v realnem času in z natančnostjo  $10^{-9}$  v evropskem in globalnem merilu.

### 2.1 Smernice EUREF za vzpostavitev kombiniranih omrežij

Pridobivanje ustreznih podatkov za opis in modeliranje pojavov, opisanih v prejšnjem poglavju, so sestavni del vzpostavitve terestričnega referenčnega sistema. Tako se na ECGN postajah izvajajo standardne tehnike opazovanja, kot so GPS, meritve težnosti, niveliranje in mareografske meritve. Za ECGN projekt je predvidena uporaba že obstoječih podatkovnih baz.

Na vsaki postaji se izvaja naslednje meritve:

- 1 GNSS za določitev položaja (vključuje GPS/GLONASS, v prihodnosti GALILEO); stalne meritve,
- 2 gravimetrija (absolutni gravimeter v mikroGal); ponavljajoče meritve,
- 3 nivelmanske povezave do veznih točk UELN/EVRS v 1 mm/km; ponavljajoče meritve.

Na nekaterih izbranih postajah se dodatno izvajajo meritve:

- 4 plimovanje oceana in spremembe nivoja vode (mareografske postaje na obalnih linijah); stalne meritve,
- 5 gravimetrija (super prevoden gravimeter – merjenje visokofrekvenčnih sprememb gravitacije); stalne meritve,
- 6 koncentracija vlage v atmosferi (merilec vlage); stalne meritve.

Dodatno se lahko opazuje še:

- 7 meteorološke parametre; stalne meritve,
- 8 ekscentriciteto, lokalno kontrolno mrežo; ponavljajoče meritve,
- 9 nivo podzemne vode; stalne meritve.

Aprila leta 2003 je bil objavljen prvi poziv za prijavo predlogov ECGN postaj, ki bi izvajale zgoraj naštetih meritve. Predlaganih je bilo 72 postaj v 20 Evropskih državah. Po pregledu in vrednotenju predlogov so do maja 2004 predlaganim ECGN postajam dodelili enega izmed štirih statusov: (i) baza, (ii) OK, (iii) kandidat ali (iv) predlog. Razporeditev postaj in njihov status je prikazan na spodnji sliki. Dodatne ECGN postaje bi bile potrebne na območju Francije, Madžarske, Luksemburga, Poljske, Slovaške in Islandije [Ihde in sod. 2004].

Za vsako od štirih glavnih merskih tehnik so predpisana navodila in standardi za zajem podatkov, ki so na voljo na ECGN domači strani [EUREF 11]. Ti dokumenti določajo način izvedbe meritev, pričakovano natančnost in nabor informacij o podatkih. Okvirna vsebina smernic je za vsako od glavnih merskih tehnik predstavljena v naslednjih podpoglavjih.

### **2.1.1 Smernice EUREF za GNSS-postaje**

GNSS meritve na ECGN postaji so vključene v EPN mrežo. Zato morajo ECGN postaje izpolnjevati tudi standarde in navodila za EPN postaje in operacijske centre, ki so pregledno opisani v [EUREF 7].

V navodilih so najprej predstavljene komponente EPN mreže. Permanentna EPN postaja je osnovna enota mreže, na kateri se določa položaj primerno postavljenega geodetskega reperja. Na postaji je postavljen stalno delujoč GNSS sprejemnik z anteno. Operacijski center kontrolira podatke postaj, zapisuje surove podatke v RINEX format (Receiver Independent Exchange Format), jih kompresira, posreduje tok podatkov v realnem času do podatkovnih centrov in oddajnikov preko interneta. V nekaterih primerih je operacijski center istočasno tudi stalna EPN postaja. Pretok podatkov med komponentami EPN mreže je standardiziran.

Zahteve za vzpostavitev permanentne postaje opredeljujejo opremo postaje, in sicer GNSS sprejemnik, anteno in pokrov nad anteno, in operacije, ki se izvajajo na postaji. Določena so pravila glede postavitve reperja in dokumentacije, v kateri se vodijo podatki o postaji in ki mora biti posredovana na EUREF mailing listo. Nove EPN postaje so praviloma lahko vzpostavljene več kot 300 km stran od že obstoječe postaje. Izjemoma so lahko postaje na krajši razdalji, če ponujajo dodano vrednost EPN mreži in če jih odobri EPN koordinacijska skupina. V primeru, da postaja ne izpolnjuje EPN pogojev, se lahko njen status začasno spremeni na »neaktivni« in se obnovi v »operativni«, ko se zopet vzpostavijo pravilni pogoji.

V navodilih [EUREF 7] so določene zadolžitve operacijskih centrov, ki so:

- prenos in prevzem surovih podatkov iz sprejemnikov v lokalnem omrežju,
- arhiviranje surovih podatkov,
- pretvorba surovih podatkov v izmenjevalni format,
- kontrola kvalitete podatkov na postaji (močno se priporoča uporaba programa Unavco TEQC),
- izdelava sporočila o statusu (v primeru izrednih pogojev), ki mora biti objavljeno preko EUREF e-sporočila,
- obveščanje uporabnikov na terenu (v primeru izrednih pogojev),
- ob določenih časih prenos urnih in dnevnih datotek z opazovanji do podatkovnega centra,
- če je mogoče, posredovanje podatkov v realnem času v dogovorjenem formatu.

Nadalje so določena pravila glede prenosa podatkov iz operacijskih do podatkovnih centrov. Pravila se nanašajo na prenos urnih in dnevnih datotek za opazovanji. Priporočeno pa je, da postaje dodatno omogočijo še prenos podatkov v realnem času, za kar so prav tako določena pravila. V navodilih je opisan način arhiviranja in kontrole podatkov, definiran format dnevnih in urnih datotek ter format podatkov za prenos v realnem času.

V kolikor GNSS postaja izpolnjuje smernice podane v [EUREF 7], lahko zaprosi za vključitev v EPN mrežo. Proces vključitve je nazorno po korakih opisan v [EUREF 8].

### **2.1.2 Smernice EUREF za višinske mreže**

Vse ECGN postaje naj bi bile povezane z UELN mrežo. Pravila za povezavo med ECGN postajo in UELN mrežo, ter obrazci za opis nivelmana so podrobneje opisani v [EUREF 5] in na kratko predstavljeni v nadaljevanju.

Določena mora biti povezava med ECGN višinskim reperjem in:

- a) reperjem UELN 95/98 v primeru, da je država članica UELN.
- b) nacionalnim sistemom višin v primeru otokov, kjer višinska mreža ni povezana z Evropskim kontinentom ali v primeru držav, ki niso članice UELN.

Povezava med ECGN in UELN reperjem naj bo podana z razliko geopotencialnih kot  $\Delta c_p$ . V izračunu razlike geopotencialnih kot se uporablja višinsko razliko, ki je izmerjena z nivelmanom visoke natančnosti (natančnost je boljša od 1 mm/km), in težnost, ki je izmerjena ali izravnana za vsako točko nivelmanske linije z natančnostjo 1 do 3 mgal. Povezava  $\Delta c_p$  med ECGN reperjem in višinsko mrežo je lahko izvedena na tri

različne načine, glej [EUREF 5]. Ustrezni podatki o načinu povezave in o meritvah morajo biti zapisani na formularju »ECGN Levelling Form«. Na tem formularju so podani še metapodatki o povezavi ECGN na višinsko mrežo. Zapisan mora biti ID UELN reperja, razdalja do ECGN postaje in morebitne ostale podrobnosti povezave.

### 2.1.3 Smernice EUREF za gravimetrične mreže

Za izvajanje **absolutnih meritev težnosti** je podanih nekaj navodil v [EUREF 3], sicer pa se sporazumi in standardi še oblikujejo. Prav tako še manjka servis, ki bi podpiral in koordiniral izvedbo meritev z absolutnim gravimetrom in izmenjavo izkušenj ter rezultatov na mednarodni ravni. V splošnem so absolutne meritve težnosti organizirane in financirane s strani lastnikov gravimetrov na nacionalni ravni. V državah, ki nimajo absolutnega gravimetra, se meritve izvedejo na podlagi bilateralnih sporazumov. V principu je za gravimetrične meritve na ECGN postajah na voljo 10 absolutnih gravimetrov. To pomeni, da se vsak instrument skozi leto uporabi na 5 do 9 postajah, če upoštevamo da je okoli 70 postaj in se meritve na eni postaji ponovijo od 0,5 do 2-krat na leto [Ihde in sod. 2006].

V prihodnosti bo predpisan tudi **podatkovni format** za arhiviranje. Na srečanju v septembru 2003 je bilo sprejeto mnenje, da podatkovni format, kot ga je predlagal BGI, še ni primeren oz. je prezapleten za delovne skupine znotraj ECGN projekta, ki uporabljajo FG5 gravimeter. Zato so bile predlagane specifikacije za tri nivoje shranjevanja podatkov. Predlog je osnovan na predpostavki, da delovne skupine uporabljajo meritve FG5 gravimetra in program, ki ga zagotavlja proizvajalec gravimetra, t.j. g-software [EUREF 3].

- 1 Na prvem nivoju naj bi se shranjevale datoteke z originalnimi meritvami na način, kot si ga izbere posamezna ekipa, ki je izvajala meritve. Del tega nivoja je tudi izračun težnosti za vsako meritev težnostnega padca.
- 2 Drugi nivo obsega tako imenovane projektne datoteke in set-datoteke. Projektne datoteke vsebujejo vse podatke vezane na postajo, instrumentarij, mersko kampanjo in preračunavanje podatkov. Set-datoteke vsebujejo časovno vrsto rezultatov, tj. vsako-urno izravnavo meritev po MNK s statističnimi podatki o disperziji padca. Datoteka vsebuje še informacije o popravkih, uporabljenih v izračunih. Primer projektne datoteke in set-datoteke je prikazan v dodatku 1 in 2 v dokumentu [EUREF 3].
- 3 Tretji nivo: ta najbolj zgoščeni nivo vsebuje rezultat težnosti, ki je pridobljen iz vseh meritev postaje in se nanaša na določeno epoho za določeno referenčno višino ter ima oceno napake. Spreminjanje težnosti v času je predstavljeno na grafu. Na tem nivoju so shranjene še slike postaje od zunaj in od znotraj - uporabljen instrumentarij (glej primer v dokumentu [EUREF 3]). Na podlagi slik se lahko določi vplive okolja na določitev težnosti.

Dodatno so bile kot pomembne pri interpretaciji določitve težnosti prepoznane še nekatere druge informacije, kot npr:

- redukcija težnosti zaradi ekscentrične postavitve,
- podatki o okolju (višino podtalne vode, temperaturo zraka, zračni pritisk itd.).

Splošen opis postaje naj bi bil podan na formularju, ki še nastaja. Najti je potrebno sporazum glede parametrov procesiranja, ocene napake in najboljših modelov za upoštevanje zunanjih vplivov.

V prihodnosti bo vzpostavljena **podatkovna baza** za meritve težnosti. ECGN delovna skupina predlaga, da se v tej bazi zberejo izhodne datoteke projekta, nastavljenega v g-programu (g-software), datoteke z opisom postaje za meritve težnosti in grafična predstavitev opazovanj. Dodatno naj bi baza vsebovala tudi rezultate primerjav meritev med različnim postajami. Na enem od ECGN posvetov je bil za podatkovno bazo izbran decentraliziran sistem. To pomeni, da vsak lastnik postaje oz. merskega instrumenta poskrbi, da so potrebne informacije v določenem formatu dostopne na njegovi lokalni spletni strani, le-ta pa je dosegljiva z uradne spletne strani ECGN. Ta model zagotavlja najbolj ažurne informacije in se izogne problemom podatkovne politike in vodenja skupne podatkovne banke [lhde in sod. 2006].

#### Izbira položaja postaje absolutnega gravimetra [EUREF 1]:

- **Lokacija:** postaja absolutnega gravimetra naj bi bila neposredno povezana s postajo EPN, super prevodnim gravimetrom, nivelmanom ali mareografsko postajo. Neposredna povezava v primeru prvih treh merskih tehnik pomeni meritve v isti stavbi, medtem ko je za povezovanje z mareografsko postajo bolje izbrati geološko podobno lokacijo, ki je boljše zaščiten pred vplivi morja. Izogibati se je potrebno lokacijam, kjer so prisotni mikro-seizmični vplivi (težki stroji, žerjavi, avto- ceste, železnice). Večje spremembe mas in vertikalni premiki se lahko prenesejo na signal težnosti. Postajo absolutnega gravimetra in mareografom mora povezovati nivelman.
- **Zgradba:** absolutni gravimeter je lahko postavljen na steber ali neposredno na tla v pritličju zgradbe. Zgradba ali baza stebra mora biti starejša od 10 let in hkrati na njej za naslednjih več deset let niso predvidene večje spremembe konstrukcije (npr. javne zgradbe).
- **Soba:** zahteva se posebna soba v pritličju zgradbe, ki se lahko zapre in s tem prepreči večja temperaturna nihanja. Temperatura v sobi naj bo med 15° in 25° C s spremembami temperature največ 1° C / uro in 5° C / dan. Optimalna je uporaba klimatske naprave. Soba naj bo večja od 2×2 m, višina stropa 2,0 m in širina vrat večja od 80 cm. Dostop do sobe naj bo mogoč ob vsakem času dneva med izvajanjem meritev.
- **Prostor** za namestitev gravimetra naj ima površino 1,00×1,00 m s trdnim in ravnim površjem, horizontalen do 1 cm/m. Primeren je npr. pomol, ki je zgrajen na trdni skali ali stabilen temelj stavbe. Na tleh naj ne bo pokrivnega materiala (npr. ploščic). Stene naj bodo najmanj 0,6 m stran. Zahtevana je električna napeljava z 220 V, 1000 VA.



Slika 2.1.3-1: Namestitev merilnega sistema absolutnega gravimetra  
[EUREF 3].

### Ponovitev meritev

Absolutni gravimeter naj bi se enkrat letno oziroma vsaj enkrat na dve leti primerjal z absolutnimi izmerami, pridobljenimi na drugih zanesljivih postajah. Predvsem s tistimi postajami, kjer se uporablja super-prevodni gravimeter [EUREF 3].

Na postajah s super-prevodnim gravimetrom in drugih glavnih postajah mreže, naj bi se absolutne gravimetrične meritve izvedle vsaj vsakih 6 mesecev, na ostalih postajah pa vsakih 12 do 24 mesecev [EUREF 1].

Za postaje, ki izvajajo meritve s super-prevodnim gravimetrom (SG), veljajo Sporazumi in standardi Globalnega Geodinamičnega Projekta (GGP), ki so podrobno opisani v [EUREF 9].

Na postajah s **super-prevodnim gravimetrom** je priporočljivo, da se izvajajo tudi meritve z absolutnim gravimetrom, ki naj bi dosegel natančnosti 1-2 mikroGal (za FG5 gravimetre). Ta visoka natančnost absolutnega gravimetra je zahtevana zaradi ustrezne določitve ničte reference super-prevodnega gravimetra in za določitev zamika (ang. »drift«) meritev. V primeru EPN in mareografskih postaj je sprejemljiva slabša natančnost, t.j. 2-5 mikroGal, ki še vedno zagotavlja koristne informacije o stabilnosti signala težnosti [EUREF 1].

### 2.1.4 Smernice EUREF za omrežja mareografskih postaj

Vzpostavitev mareografskih postaj naj bi sledila splošnim priporočilom medvladne oceanografske komisije (Intergovernmental Oceanographic Commission). S tem bi izpolnila standarde mednarodnih centrov za merjenje nivoja morja, vzpostavitev mrež in servisov. Ti mednarodni centri so npr.: Permanent Service of Mean Sea Level (PSMSL, <http://www.psmsl.org/>), European Sea Level Service – ESEAS, Global Sea Level Observing System – GLOSS [EUREF1; EUREF 10]. ECGN standardi za

mareografske merilne postaje so podrobneje zapisani v [EUREF 6] in na kratko predstavljene v nadaljevanju.

Predpisana je tehnologija mareografskih postaj, interval meritev, obdelava podatkov itd. Posebno pozornost je potrebno nameniti rednim geodetskim meritvam mareografske postaje, da se zagotovi dolgotrajna stabilnost in zanesljivost mareografskih meritev. Priporočljivo je, da so vse mareografske postaje znotraj ECGN mreže vključene v GPS projekt Tide Gauge Benchmark Monitoring Pilot Project - TIGA-PP (več podatkov o metodi neprekinjenega GPS je na [http://www.soest.hawaii.edu/cgps\\_tg](http://www.soest.hawaii.edu/cgps_tg)) [EUREF 6].

Meritve mareografskih postaj naj bi se shranjevale na primernem, javno dostopnem nacionalnem ali mednarodnem podatkovnem centru. Podatkovni format je določen v skladu s posameznim podatkovnim centrom. Priporoča se uporabo orodji PSMSL. Meritve in dodatne informacije na podatkovnih centrih naj bi se posodobile vsaj enkrat letno. Podatki o navezovalni mreži med GPS in mareografsko oznako morajo biti zapisani na obrazcih projekta TIGA-PP. V okviru metapodatkov ECGN bodo na zato predvidenih obrazcih zbrani podatki o mareografski postaji, imenu lokacije, dostopu do podatkovnih centrov za shranjevanje podatkov itd [EUREF 6].

## 2.1.5 Ostale smernice, priporočila in standardi

### ECGN standardi za vzpostavitev lokalne navezovalne mreže

V skladu s pravili za ECGN postajo, ima vsaka merska tehnika (GNSS, težnost, nivelman, mareograf, itd.) svojo oznako oz. reper. Lokacije oznak znotraj ene ECGN postaje ne smejo biti več kot 1 km narazen in morajo biti med seboj povezane z **lokalno navezovalno mrežo**, ki je vzpostavljena v skladu z ECGN standardi (angl. ECGN Standards for Local Ties Determination); za podrobnosti glej [EUREF 4].

Oznake merskih tehnik morajo biti povezane z glavno oznako ECGN postaje, ki je lahko ena izmed že obstoječih oznak ali pa dodaten reper. Relativne višine med oznakami so določene z natančnim nivelmanom z vodno tehniko (libela), ki dosega natančnosti 1 mm v vseh treh komponentah. Višinske razlike so podane v smeri od glavne oznake do oznak merskih tehnik; torej npr.: GNSS oznaka minus glavna oznaka [EUREF 4]. Poleg nivelirane višinske razlike, mora biti za GNSS, VLBI in SLR oznako podana tudi ekscentriciteta glede na glavno ECGN oznako. Natančne 3D koordinate ekscentricitete morajo biti podane v ETRS89 geocentričnem koordinatnem sistemu, v smeri od glavne oznake do oznak merskih tehnik [EUREF 4].

Mreža mora biti določena v rednih intervalih, najmanj dvakrat letno. Informacije o povezavah morajo biti vključene v metapodatkovne forme. Lokalna mreža mora biti narisana na skici; za primer glej [EUREF 4]. Priporočljivo je zabeležiti dodatne informacije o lokaciji in fizični situaciji (zgradbe, ceste, okolje). Določitev in dokumentacija lokalnih povezav med oznakami je osnovni pogoj za doseg ciljev projekta.

### Metapodatki za ECGN postajo

V formularju [EUREF 2] je določeno kateri podatki se morajo voditi za vsako ECGN postajo. Podani morajo biti podatki, ki se nanašajo splošno na postajo (kot npr. ime, položaj itd), informacije o merskih tehnikah, ki se izvajajo na postaji, in o navezovalni mreži med reperji glavnih in opsijskih meritev.

## 2.2 Aplikativni vidiki vzpostavitve omrežja

### 2.2.1 Pomen kombinirane geodetske mreže za geodinamične raziskave in napovedovanje potresne ogroženosti

Cilj delovanja geodezije na področju geodinamičnih raziskav je pridobitev geokinematičnega modela nekega območja (npr. države), ki je osnova za opis časovno odvisnega spreminjanja geometrije prostora. Določitev položajev točk v odvisnosti od časa se navezuje na definiranje časovno odvisnega koordinatnega sistema (4D). Na točkah, ki bodo vključene v geokinematični model, je potrebno zagotoviti:

- da je stabilizacija le-teh primerna, da jih lahko vključimo v model;
- da imamo na voljo kvalitetna GNSS-opazovanja, najbolje je, da so opazovanja vezana na neprekinjen sprejem GNSS-signalov (permanentne GNSS-postaje).

Vlogo kontinuiranega sprejema GNSS-signalov imajo permanentne GNSS-postaje. Ker je primarna naloga permanentnih GNSS-postaj zagotavljanje neprekinjenega GNSS-signalov v realnem času, je stabilizacija le-teh potekala drugače kot tradicionalna stabilizacija geodinamičnih točk. Pri končni določitvi položajev točk je prevladal dejavnik infrastrukturne opremljenosti bližine točk za namen neprekinjenega sprejema in distribucije podatkov GNSS-opazovanj.

V primeru vzpostavitve geodinamičnih točk je bolj kot infrastrukturna opremljenost pomembno dejstvo, da se točke nahajajo na geološko primernih lokacijah. To pomeni, da nekatere točke nimajo primerne infrastrukture za neprekinjen sprejem GNSS-signalov in ravno zato na točkah geodinamičnih mrež GNSS-opazovanja potekajo v okviru GNSS-kampanj, to je na osnovi izvedbe nekajdnevni opazovanj v določenih časovnih intervalih (eno leto ali več).

Ker je bil način stabilizacije točk omrežja permanentnih GNSS-postaj drugačen in praktično ni bilo mogoče slediti postopku stabilizacije geodinamičnih točk, hkrati pa opazovanja s točk permanentnih GNSS-postaj želimo uporabljati za geodinamične raziskave, je nujno potrebno povezati mrežo »aktivnih« točk s tako imenovanimi »pasivnimi« točkami. Pod pojmom pasivne točke razumemo točke, kjer opazovanja potekajo občasno, vendar so stabilizirane po navodilih stabilizacije geodinamičnih točk. Na osnovi obdelave opazovanj kombinirane mreže aktivnih in pasivnih točk lahko indirektno pridobimo odgovor, ali so točke permanentnih GNSS-postaj primerne za geodinamične raziskave.

Za osnovno mrežo »pasivnih« točk mora veljati, da:

- stabilizacija poteka po protokolu stabilizacije geodinamičnih točk, kjer je mnenje geologov odločilno;
- točkam je potrebno določiti podatke, da lahko položaje drugih točk določamo neodvisno od metode izmere.

Neodvisna obdelava različnih tipov geodetskih opazovanj služi za kontrolo kvalitete rezultatov druge merske tehnike in oceno vplivov na opazovanja. To pomeni, da bi bilo dobro, da bi vsaki kampanjski GNSS-izmeri na geodinamičnih točkah (pasivnih) sledila terestrična izmera z namenom potrditve hipoteze o stabilnosti točk. V primeru



obdelave kombiniranih mrež (GNSS-opazovanja in terestrična opazovanja) pa bo mreža točk 0. reda vsebovala tudi podatke, potrebne za redukcijo terestričnih opazovanj za vplive težnostnega polja Zemlje in nadaljnjo skupno izravnavo različnih tipov opazovanj.

- ***pomen časovnih vrst točk za ocenjevanje geodinamike točk na območju Slovenije***

Osnovna količina pri obravnavi geodinamike nekega območja so ocenjeni vektorji hitrosti geodetskih točk. Vektorje hitrosti pridobimo iz časovnih vrst točk, ki pomenijo diskreten niz ocenjenih koordinat točke skozi čas (na dnevni ali tedenski osnovi). Časovne vrste tako pomenijo osnovno količino, iz katere izhajamo za oceno geodinamike.

- ***pomen kakovosti časovnih vrst za kakovostno določitev vektorjev hitrosti točk 0. reda***
- ***izračun kakovostnih vektorjev hitrosti v kombinirani geodetski mreži***

V nalogah geodinamike predpostavimo linearen trend sprememb koordinat točk mreže. Na ta način dobimo vektor hitrosti kot konstantno količino, ki je neodvisna od časa. Kakovost ocenjenega vektorja hitrosti na določeni točki pa je odvisen od natančnosti ocenjenih posameznih koordinat, od števila ocenjenih koordinat in od časovnega intervala, v katerem imamo podane ocenjene koordinate. Kakovost ocenjenih vektorjev hitrosti točk je tako neposredno odvisna od kakovosti časovnih vrst točk. Da zagotovimo kakovostne časovne vrste, moramo zagotoviti minimalen vpliv na satelitska opazovanja (čim bolj odprto nebo, čim manj odboja signala, nobenih motečih izvorov elektro-magnetnega valovanja v okolici...) in na položaj točke (stabilizacija na geološko kakovostnih tleh, izločitev lastnih premikov, kot npr. nagibanje stebra / kovinske cevi...).

- ***vpliv različnih tehnik določevanja položaja (GNSS, geometrični nivelman, gravimetrija terestrična opazovanja) na določitev vektorjev hitrosti***

Navezava različnih tipov opazovanj na eno referenčno točko (satelitska opazovanja, geometrični nivelman, gravimetrija, terestrična opazovanja) pomenijo možnost izboljšave ocenjenih koordinat točk mreže. Realizacija vseh globalnih koordinatnih sestavov (kot npr. ITRF) temeljijo na združevanju različnih tipov opazovanj na »istem« mestu (npr. GNSS, SLR, LLR, VLBI). Različni tipi opazovanj zagotovijo stabilnost in višjo natančnost ocenjenih koordinat točk in posledično tudi ocenjenih vektorjev hitrosti točk.

- ***kombinacija GNSS in absolutne gravimetrične meritve – nivelmanska izmera širšega območja je bolj vprašljiva,***
- ***okvirna mreža 0. reda nudi podatke za redukcijo terestričnih opazovanj za vplive težnostnega polja za namen nadaljnje povezave z GNSS-opazovanji in skupne izravnave kombiniranih mrež***

Kombiniranje terestričnih in satelitskih opazovanj v skupnem matematičnem modelu je možno le ob kakovostnem poznavanju povezave med težnostnim poljem Zemlje in referenčnim geoidom. Ta povezava je vzpostavljena s kakovostno določenim od-

klonom navpičnice in kakovostno geoidno višino v točkah mreže. Geoidno višino in odklon navpičnice lahko pridobimo samo, ko imamo kakovostno ploskev geoida, ki je kakovostno vpeta v koordinatni sistem. Mreža 0. reda bo pomenila povezavo med elipsoidom (satelitska opazovanja) in geoidom (terestrična opazovanja).

- ***možnost povezave točk 0. reda s točkami potresnih opazovalnic***

Na ozemlju Slovenije so nekatere sodobne potresne opazovalnice poleg s seizmometri opremljene tudi z GNSS-instrumenti. Potresne opazovalnice so leta 2006 povezali v omrežje potresnih opazovalnic. Z GNSS-instrumenti niso opremljene vse potresne opazovalnice, zato bi povezava potresnih opazovalnic s koordinatno mrežo 0. reda in točkami omrežja permanentnih GNSS-postaj imela pomembno vlogo pri izboljšavi določitve položajev točk v omrežju SIGNAL. Glede na to, da je 26 potresnih opazovalnic nameščenih na lokacijah, ki so geološko primerne, bi v nadaljevanju bilo dobro kontinuirana GNSS-opazovanja državnega omrežja SIGNAL povezati s kontinuiranimi opazovanji državnega omrežja potresnih opazovalnic. Na ta način bi lahko najhitreje sklepali o spremembi položajev točk zaradi nenadnih premikov zemeljske skorje na določenem območju in izboljšali uporabniško storitev določanja položajev točk v okviru omrežja permanentnih postaj SIGNAL. Hkrati pa bi lahko omrežje SIGNAL na osnovi dobro definiranega geokinematičnega modela lahko nudilo dodaten podatek za napovedovanje potresnega dogajanja.

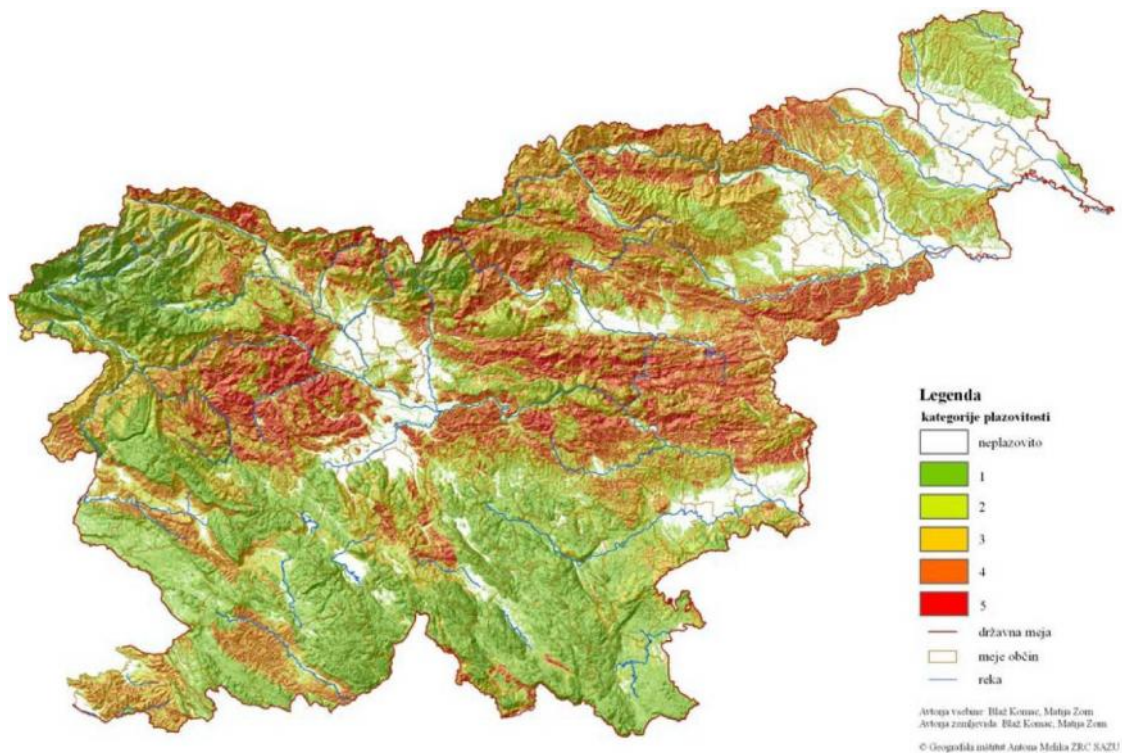
Povezava točk mreže 0. reda s potresnimi opazovalnicami je možna le, če so lokacije (makro in mikro) potresnih opazovalnic primerne za izvedbo geodetskih opazovanj. Poleg tega je potrebno dodatno zagotoviti tudi vso prometno in komunikacijsko infrastrukturo ter energetska oskrbo, saj so določene potresne opazovalnice opremljene na minimalnem nivoju, ki zagotavlja nemoteno delovanje že postavljene seizmološke opreme.

## 2.2.2 Pomen kombinirane geodetske mreže pri varstvu pred drugimi naravnimi nesrečami in okoljevarstvu

Podnebne spremembe, globalno segrevanje in dvigovanje nivoja morja imajo vse večji vpliv na življenje ljudi. V zadnjih desetletjih so s temi pojavi povezane naravne nesreče vse večje, pogostejše in zemljepisno obsežnejše.

Kombinirana geodetska mreža 0. reda je pri varstvu pred naravnimi nesrečami in v okoljevarstvu lahko zelo pomembna. Kot kakovostna državna infrastruktura za geodetske podatke bo osnova za zagotavljanje kakovostnega georeferenciranja vseh prostorskih podatkov, ki se zajemajo za potrebe spremljanja in napovedovanja naravnih nesreč kot tudi spremljanja fizikalnih, bioloških, meteoroloških in drugih parametrov, ki so pomembni v okoljevarstvu. Vloga kakovostnih geodetskih podatkov je pri tem nepogrešljiva [Triglav Čekada in sod., 2010; Triglav Čekada in Radovan, 2010]. Načini za zmanjšanje negativnih vplivov naravnih nesreč na ljudi in njihovo imetje (preventiva) so predvsem:

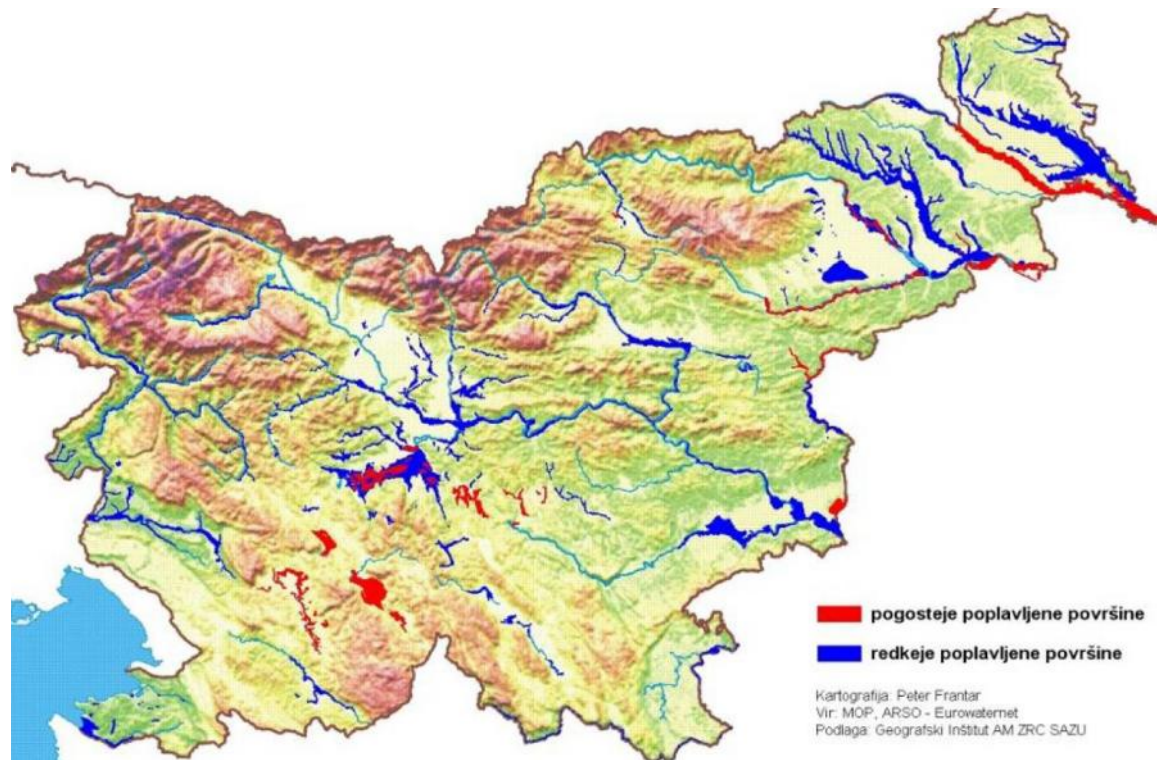
- trajni neprekinjeni okoljski monitoring in zajem parametrov, njihovo kartiranje in analize ter raziskave pojavljanja naravnih nesreč (npr. karte plazov – slika 2.2.2-1, karte poplavnih območij – slika 2.2.2-2, obveščanje o stopnji nevarnosti);
- modeliranje in simulacije naravnih nesreč (modeli napovedovanja naravnih nesreč – poplave, plazovi);
- spremljanje naravnih nesreč, obveščanje in alarmiranje ter zagotavljanje podatkov v realnem času.



Slika 2.2.2-1: Kategorizacija plazovitosti v Sloveniji po logaritemski metodi  
© Založba ZRC [Komac in Zorn, 2010, str. 72].

Prav tako je kakovostna geodetska infrastruktura pomembna za zagotavljanje podatkov o naravnih nesrečah po samem dogodku zaradi:

- ocene zemljepisnega obsega in intenzivnosti naravne nesreče,
- ocene gospodarske škode in
- zagotavljanja podatkov, potrebnih za izvedbo sanacije.



Slika 2.2.2-2: Poplavne površine v Sloveniji  
 © Založba ZRC [Mikoš, 2010, str. 259].

Posebej pomembno je združevanje različnih fizikalnih in geometrijskih merskih tehnik pri realizaciji kakovostnega višinskega sistema. Višinsko georeferenciranje pa je posebej pomembno pri analizah in napovedovanju poplavne ogroženosti. Uvajanje sodobnih tehnik zajema (predvsem LiDAR), kjer georeferenciranje temelji na GNSS-tehnologiji, tako zahteva tudi kakovosten model (kvazi)geoida. Cilj, ki bi ga morali postaviti, je višinska referenčna ploskev s centimetrovsko natančnostjo za celotno ozemlje države. Za takšen model je geodetska mreža 0. reda, ki združuje Hz, V in G model zelo dobra osnova.

Prav tako v zvezi s poplavno in plazovno ogroženostjo lahko (GNSS-) podatki mreže 0. reda prispevajo h kakovostnejšemu napovedovanju vremena (informacije o dogajanjih v atmosferi, ki so vhodni parametri vremenskih in klimatskih modelov).

### **2.2.3 Pomen kombinirane geodetske mreže za izvajanje inženirskih nalog**

- Z vzpostavitvijo in razvojem mrež »nižjih« redov predstavlja realizacijo enotne matematične osnove celotnega državnega ozemlja.
- Mreža 0. reda bo predstavljala vzpostavitev dobre koordinatne osnove, ki ne bo od uporabnika zahtevala uporabo specifične metode izmere.
- Hkrati bo mreža služila kot osnova za:
  - združevanje GNSS, terestričnih, gravimetričnih opazovanj in nivelmana
  - za nadaljnjo zgostitev mreže.
- Mreža 0. reda naj bi služila kot referenca za združevanje GNSS in klasičnih terestričnih opazovanj – pomembno pri redukciji opazovanj (za vplive težnostnega polje Zemlje).
- Osnova geodetska mreža 0. reda bo uporabniku nudila izhodišče za projektiranje lokalnih geodetskih mrež, kjer gre v prvi vrsti za zagotavljanje dobre notranje natančnosti in vzpostavitev kakovostne geometrije mreže v okviru izvedenih opazovanj in ne za to, da bodo v mreži določeni vsi parametri.

Temeljna geodetska mreža bo nudila izhodišče za zgostitev mreže, kjer bi bilo dobro definirati:

- način zgostitve točk,
- način stabilizacije točk,
- predvideno natančnost in zanesljivost določitve položajev točk v mreži,
- kontrolo kvalitete, določeno neodvisno od izmere.

## **2.3 Analiza možnosti povezovanja z omrežji izven geodetske stroke**

Možnosti za interdisciplinarno povezovanje z drugimi geo-omrežji ali posameznimi opazovalnicami, ki kakorkoli služijo preučevanju Zemlje kot planeta, njenega površja, notranjosti ali atmosfere, njenih fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti in procesov, ki se odvijajo, je veliko. Med obstoječimi sorodnimi omrežji v Sloveniji so zanimiva predvsem:

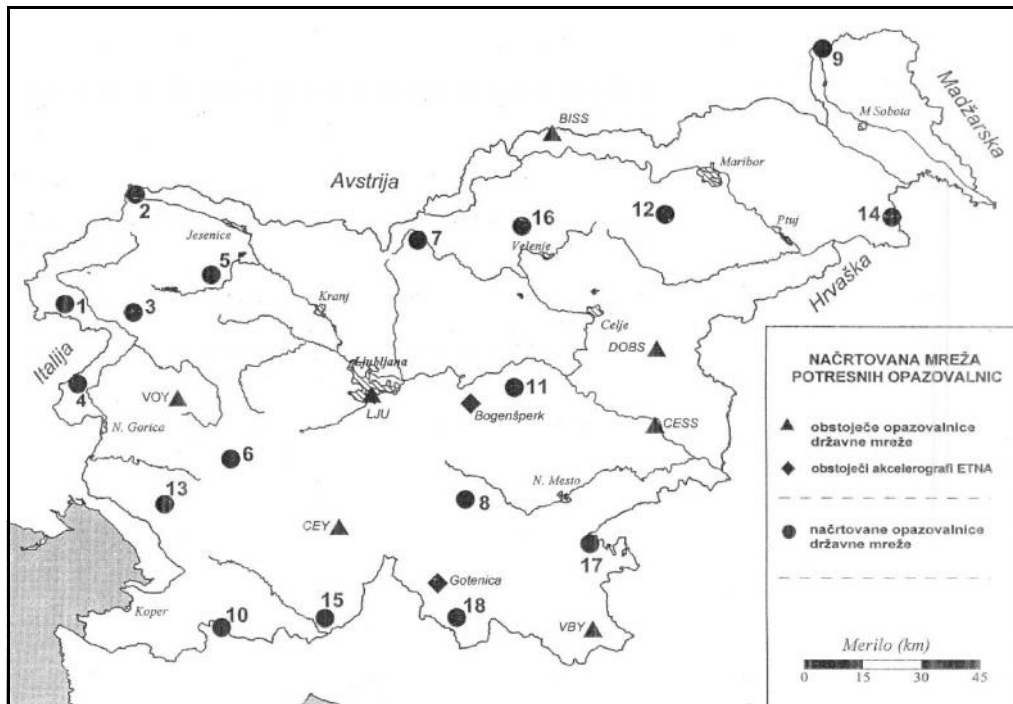
- omrežje potresnih opazovalnic,
- omrežje vremenskih opazovalnic,
- mreža opazovalnic višin/pretokov rek,
- mreža ponavljalnih geomagnetnih točk in
- astronomske opazovalnice in observatoriji.

### **2.3.1 Omrežje potresnih opazovalnic**

Od leta 2006 v Sloveniji deluje prenovljena in razširjena državna mreža 25 potresnih opazovalnic z rezervnim središčem za obdelavo podatkov na Golovcu v Ljubljani. Del državne mreže potresnih opazovalnic so tri lokalne mreže na potresno najbolj ogroženih območjih, in sicer ena na območju Ljubljane, druga v zgornjem Posočju ter tretja na območju jedrske elektrarne Krško.

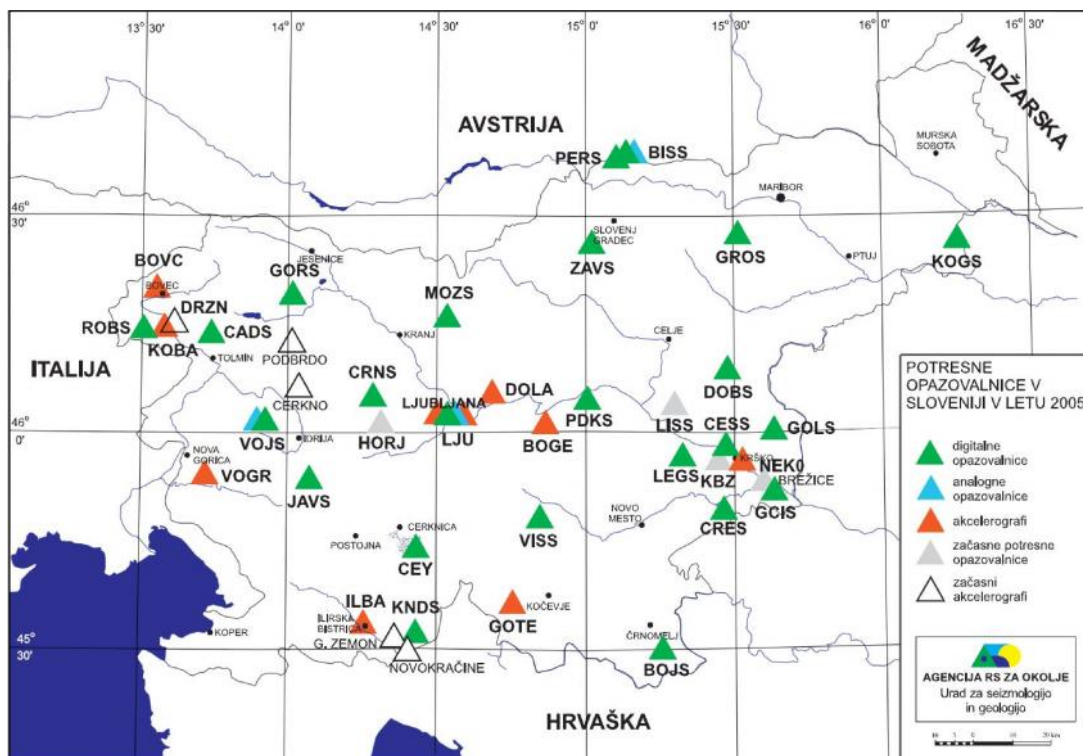
Kriteriji za izbor potresnih opazovalnic so kompleksni in vključujejo [Gosar in sod., 2000]:

- geometrijo mreže,
- naravne danosti (seizmološki pogoji, seizmični nemir, relief, klimatski pogoji, dostopnost) in
- izvedbene pogoje (možnost odkupa ali uporabe zemljišča, zagotovitev vira energije in komunikacij za prenos podatkov, izvedljivost gradbenih del in zaščita pred vandalizmom).



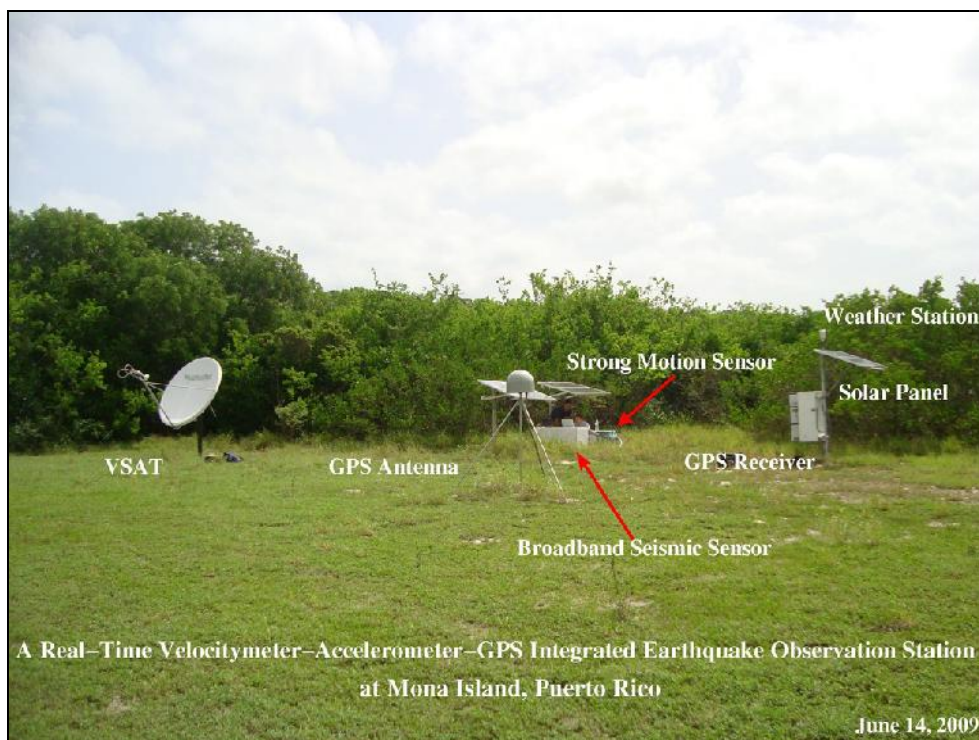
Slika 2.3.1-1: Mreža potresnih opazovalnic – obstoječe in načrtovane leta 2000  
 © SZGG · FGG [Gosar in sod., 2000, str. 92].

Na sliki 2.3.1-1 prikazane predvidene lokacije potresnih opazovalnic so: 1 – Robič (Kobarid), 2 – Pl. Lomiči (Rateče), 3 – Čadrg (Tolmin), 4 – Korada (Goriška brda), 5 – Gorjuše (Pokljuka), 6 – Javornik (Hrušica), 7 – Robanov kot, 8 – Višnje (Ambrus), 9 – Sotinski breg (Goričko), 10 – M. Plešivica (Golac), 11 – Podkum, 12 – Bojtina (Pohorje), 13 – Kopriva (Kras), 14 – Kog (Sl. Gorice), 15 – Knežji dol (Snežnik), 16 – Zavodnje (Velenje), 17 – Škemljevec (Gorjanci) in 18 – Gornja Briga (Osilnica).



Slika 2.3.1-2: Potresne opazovalnice v Sloveniji leta 2005  
 [ARSO 8].

Za povezovanje geodetske mreže 0. reda z mrežo potresnih opazovalnic je razlogov za skupne lokacije več. Poleg enakih izvedbenih pogojev in večine kriterijev glede naravnih danosti je pomemben predvsem vidik vzajemnih koristi, saj so sodobne metode opazovanja potresov vse bolj kombinirane tudi z geodetskimi merskimi tehnikami (GNSS) – glej sliko 2.3.1-2.



Slika 2.3.1-3: Primer postaje za spremljanje potresov na Mona Island – kombinacija različnih merilnih instrumentov, vključno z GPS-postajo.

Viri:

- Gosar, A., Živčič, M., in Jesenko, T.: Raziskave za izbor lokacij nove mreže potresnih opazovalnic v Sloveniji. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2000. 6. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 12. december 2000. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2000, str. 87–97
- Sinčič, P., in Vidrih, R.: Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2008. 13. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 22. januar 2009. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2009, str. 59–68
- Sinčič, P., in Vidrih, R.: Potek izgradnje državne mreže potresnih opazovalnic. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2005. 11. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 19. januar 2006. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2006, str. 7–20
- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., in Živčič, M.: Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004. Ljubljana, 28. september 2004. GIS v Sloveniji, št. 7. Založba ZRC, Ljubljana, 2004, str. 203–210
- Vidrih, R. (ur.): Državna mreža potresnih opazovalnic · Seismic Network of Slovenia. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 2007, 288 str.



### 2.3.2 Omrežje meteoroloških postaj

Omrežje postaj za opazovanje parametrov za proučevanje in napovedovanje vremena in klimatskih razmer je daleč najbolj razvejano in zanimivo predvsem zaradi obilice obstoječih lokacij – nekaterih tudi s solidno infrastrukturo. Delimo ga na:

- mrežo sinoptičnih in klimatoloških postaj (slika 2.3.2-1) – leta 2005 je bilo 29 merilnih mest: 12 sinoptičnih postaj in 27 klimatoloških postaj (slika 2.3.2-2),
- mrežo padavinskih postaj (slika 2.3.2-3) – leta 2005 je bilo 178 merilnih mest (slika 2.3.2-4),
- mrežo postaj z ombrografi (slika 2.3.2-5) – leta 2005 je bilo 38 merilnih mest (slika 2.3.2-6),
- mrežo heliografskih postaj (slika 2.3.2-7) – leta 2005 je bilo 22 merilnih mest (slika 2.3.2-8),
- mrežo postaj z meritvami trajanja in energije sonca – leta 2005 je bilo 24 merilnih mest (večinoma na lokacijah skupaj s heliografi),
- mrežo meteoroloških radarjev,
- mrežo fenoloških postaj in drugih.

Poleg Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) ima svojo mrežo meteoroloških postaj tudi Gozdarski inštitut Slovenije [Sinjur in sod., 2010].

Tudi za povezovanje geodetske mreže 0. reda z mrežami meteoroloških postaj so razlogi za iskanje morebitnih skupnih lokacij več. Poleg podobnih izvedbenih pogojev in večine kriterijev glede naravnih danosti je pomemben vidik vzajemnih koristi. Za stalne postaje GNSS se priporoča spremljanje meteoroloških parametrov. Predvsem pa lahko GNSS-tehnologija nudi dodatne možnosti izboljšanje obstoječih modelov za napovedovanje vremena (parametri troposfere in ionosfere).



Slika 2.3.2-1: Mreža klimatoloških postaj  
© ARSO, 2009.



Slika 2.3.2-2: Klimatološka postaja  
© ARSO, 2005.



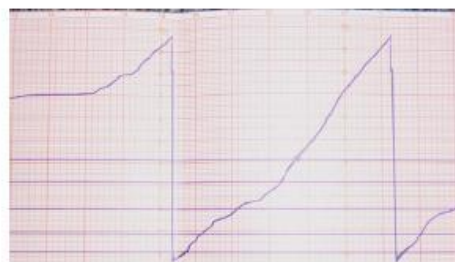
Slika 2.3.2-3: Mreža padavinskih postaj  
© ARSO, 2009.



Slika 2.3.2-4: Padavinska postaja  
© ARSO, 2005.



Slika 2.3.2-5: Mreža postaj z ombrografi (pluviografi)  
© ARSO, 2009.



Slika 2.3.2-6: Postaja z ombrografom (z gretnjem)  
© ARSO, 2005.



Slika 2.3.2-7: Mreža heliografskih postaj  
© ARSO, 2009.



Slika 2.3.2-8: Postaja s heliografom  
© ARSO, 2005.

Viri:

- Mreža avtomatskih postaj in digitalnih registratorjev. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- Mreža heliografskih postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- Mreža meteoroloških postaj v letu 2009. Meteorološki letopis 2009. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2009, 9 str.
- Mreža padavinskih postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- Mreža postaj z meritvami trajanja in energije Sonca. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- Mreža postaj z ombrografi. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- Mreža sinoptičnih in klimatoloških postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- Sinjur, I., Ferlan, M., Simončič, P., in Vilhar, U.: Mreža meteoroloških postaj Gozdarskega inštituta Slovenije. Gozdarski vestnik, letn. 68, št. 1, 2010, str. 41–46

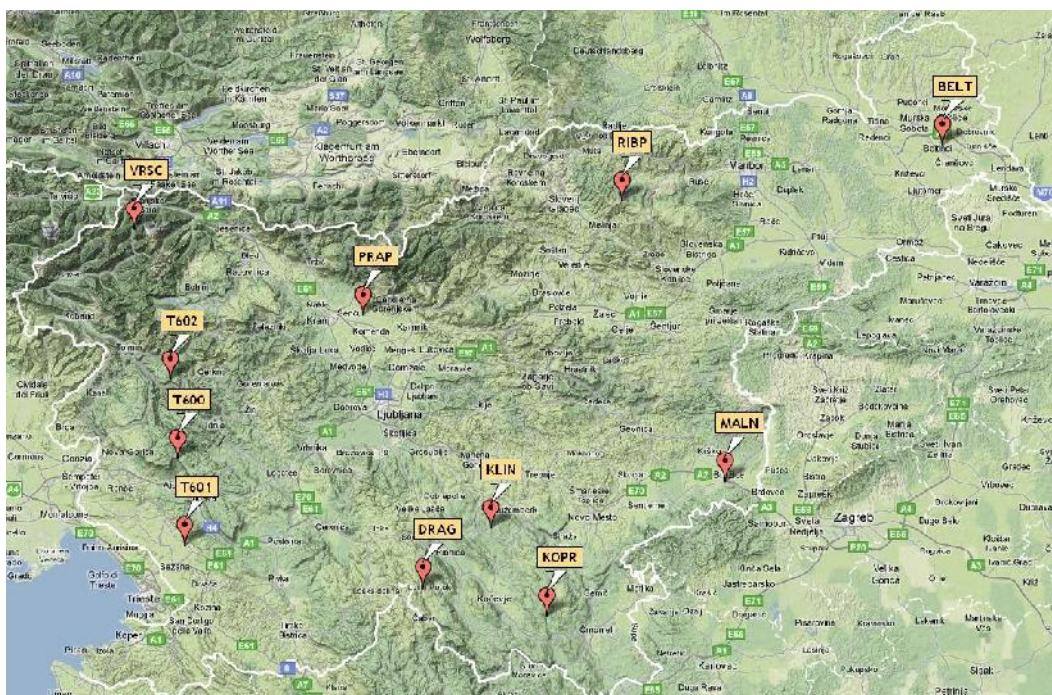
### 2.3.3 Druga sorodna omrežja

Med drugimi sorodnimi mrežami so omembe vredne:

- mreža ponavljalnih geomagnetnih točk,
- mreža (rečnih) vodomernih postaj in
- astronomske opazovalnice in observatoriji

Meritve na geomagnetnih točkah služijo ugotavljanju dolgoperiodnih (sekularnih) sprememb in sprememb v porazdelitvi zemeljskega magnetnega polja. Običajno se podatki uporabijo za kartiranje prostorske porazdelitve deklinacije, inklinacije in/ali jakosti magnetnega polja. Kriteriji in postopki za izbiro teh lokacij so se zaradi razvoja tehnike magnetnih meritev s časom menjavali – menjavali pa so se tudi zaradi novih spoznanj in širitve nalog oziroma vloge teh točk.

Povprečne razdalje med ponavljalnimi postajami v različnih državah segajo od 53 km do 415 km, njihova povprečna vrednost pa je 230 km [16]. Če primerjamo površino Slovenije s površino nekaterih drugih držav, kjer so mreže vzpostavljene mreže bi optimalna mreža v Sloveniji morala obsegati 5 15 ponavljalnih postaj [Žagar in sod., 2010]. Za izračun modela geomagnetne deklinacije v letu 2010 je bilo uporabljenih 11 lokacij (slika 2.3.3-1).



Slika 2.3.3-1: Mreža ponavljalnih geomagnetnih točk  
© Geodetski inštitut Slovenije [Žagar in sod., 2010, str. 19].

V letu 2010 je bila zaključena tudi prva faza izgradnje geomagnetnega observatorija – primarna postaja Krapša [Paliska in sod., 2010], [Čop, 2011], ki je na sliki 2.3.3-2.



Slika 2.3.3-2: Primarna postaja Krapša  
© SZGG · FGG [Čop, 2011, str. 62].

Mreža vodomernih postaj je sicer nekoliko manj primerna, razen morda v nekaterih primerih (odročne lokacije) – z vidika vsaj osnovne infrastrukture za dostop do lokacij. Osnovna mreža vodomernih postaj slovenskih rek je prikazana na sliki 2.3.3-3.



Slika 2.3.3-3: Mreža vodomernih postaj slovenskih rek  
© Dela · FF [Ulaga, 2002, str. 96].

Astronomsko-geofizikalni observatorij Golovec v Ljubljani je osrednji tak objekt v državi, ki pa danes zaradi svetlobnega onesnaženja, ki je problem mnogih evropskih observatorijev, opravlja pretežno le pedagoško funkcijo. Sodi v okrilje Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Ostale astronomske opazovalnice so praviloma amaterske. Med pomembnejšimi je astronomski observatorij Črni Vrh nad Idrijo (slika 2.3.3-4).



Slika 2.3.3-4: Astronomski observatorij Črni Vrh  
(<http://www.observatorij.org/>).

Pri lokacijah astronomskih opazovalnic je poleg deleža vidnega neba daleč najbolj pomemben kriterij svetlobnega (ne)onesnaženja.

### 3 Faza 3: Zasnova kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture

*Poglavje 3.1: GI*

*Poglavje 3.2: FGG*

*Poglavje 3.3: FGG*

*Poglavje 3.4: GI*

Poglavje obsega idejno zasnovo kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture, ki izhaja iz predhodno pripravljenih analiz (faza 1) in izhodišč (faza 2).

#### 3.1 Število/gostota točk kombinirane geodetske mreže Slovenije

Podpoglavje vključuje predlog optimalnega števila točk kombinirane geodetske mreže 0. reda za Slovenijo. Predlog temelji na analizi potreb in možnosti za vzpostavitev kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture (faza 1: podpoglavji 1.1 in 1.2).

##### 3.1.1 Predlog števila točk kombinirane geodetske mreže Slovenije

Predlagano število točk kombinirane geodetske mreže je **6 točk**. Glede na velikost in obliko državnega ozemlja izbrano število točk mreže pomeni, da:

- dobimo mrežo 5-ih (Delaunayjevih) trikotnikov, ki vsebuje eno centralno<sup>2</sup> in pet obodnih točk,
- v povprečju 1 točka mreže »pokriva« 3375 km<sup>2</sup> državnega ozemlja,
- razdalja med najbližjima sosednjima točkama mreže (tudi ob optimalni razporeditvi<sup>3</sup>) ne more biti večja od 93,14 km,
- je povprečna dolžina stranic trikotnikov (za kombinirani predlog<sup>4</sup>) 96,6 km,
- oddaljenost nekaterih delov državnega ozemlja od najbližje točke mreže (tudi ob optimalni razporeditvi točk<sup>5</sup>) presega 47,03 km.

---

<sup>2</sup> Glede na izvedene analize razporeditev točk mreže po različnih geometrijskih kriterijih (glej 1.2.1) je 6 najmanjše število točk mreže, ko za ozemlje Slovenije ena točka mreže dobi vlogo centralne točke.

<sup>3</sup> Če postavimo točke mreže kot se le da vsaksebi (glej 1.2.1 – prvi geometrijski kriterij).

<sup>4</sup> Kombinirani predlog predstavlja kompromis med obema uporabljenima (delno nasprotujočima si) geometrijskima kriterijema za razporeditev točk v mreži (glej 1.2.1).

<sup>5</sup> Če postavimo točke mreže tako, da je poljubna točka državnega ozemlja čimmanj oddaljena od najbližje točke mreže (glej 1.2.1 – drugi geometrijski kriterij).



### 3.1.1.1 Argumenti za predlagano število točk iz analize potreb

Argumenti za predlagano število točk mreže, ki sledijo iz analize potreb za kakovostno večnamensko geoinformacijsko infrastrukturo (podpoglavje 1.1) so predvsem, da izbrano število točk (ob njihovi optimalni razporeditvi):

- **zagotavlja kakovostno referenčno koordinatno ogrodje državnega omrežja stalnih GNSS-postaj SIGNAL** (glej 1.1.1), in sicer:
  - kot ustrezno zavarovanje stalnih postaj državnega omrežja na dolgi rok (ob neizogibnih postopnih spremembah lokacij ostalih postaj omrežja),
  - za spremljanje časovne stabilnosti postaj (vplivi geodinamike ter periodični vplivi),
  - za zagotavljanje ustrezne kakovosti koordinat vseh postaj omrežja in s tem ustrezne kakovosti storitev pozicioniranja (zahtevana cm-natančnost),
- **zagotavlja kakovostno referenčno koordinatno ogrodje državnega terestričnega referenčnega sistema** (glej 1.1.2), in sicer:
  - kot ustrezno zavarovanje državnega horizontalnega geodetskega datuma na dolgi rok;
  - kot kakovostna zamenjava uradnih (petih) EUREF-točk na območju Slovenije,
  - kot kakovostna geodetska infrastruktura za spremljanje geodinamičnih dogajanj v horizontalnem smislu,
  - kot osnovna geodetska infrastruktura za vse bodoče realizacije ETRS v Sloveniji;
- **zagotavlja kakovostno referenčno ogrodje državnega višinskega referenčnega sistema** (glej 1.1.3), in sicer:
  - kot ustrezno zavarovanje državnega višinskega geodetskega datuma na dolgi rok v vlogi fundamentalnih reperjev in normalnega reperja (ena izmed točk mreže),
  - kot kakovostna zamenjava (petih) EUVN-točk na območju Slovenije,
  - kot kakovostna geodetska infrastruktura za spremljanje geodinamičnih dogajanj v vertikalnem smislu,
  - kot osnovna geodetska infrastruktura za vse realizacije EVRS v Sloveniji,
  - kot osnovna mreža GNSS-točk za kakovostno vpetje državnega absolutnega (kvazi)geoida;
- **zagotavlja kakovostno referenčno ogrodje državnega gravimetričnega referenčnega sistema** (glej 1.1.4), in sicer:
  - kot ustrezno zavarovanje državnega gravimetričnega geodetskega datuma na dolgi rok,
  - kot kakovostna dopolnitev/zamenjava obstoječih (šestih) točk gravimetrične mreže 0. reda – absolutne gravimetrične točke;
- **zagotavlja kakovostno večnamensko kalibracijsko mrežo** (glej 1.1.5), in sicer:
  - tako za preverjanje ustreznosti merilne opreme/instrumentarija,
  - kot tudi za preverjanje ustreznosti metod/postopkov izmere.

### 3.1.1.2 Argumenti za predlagano število točk iz analize možnosti

Argumenti za predlagano število točk mreže, ki sledijo iz analize možnosti za kakovostno večnamensko geoinformacijsko infrastrukturo (podpoglavje 1.2) so predvsem, da izbrano število točk (ob njihovi optimalni razporeditvi):

- **glede na obliko državnega ozemlja tvori mrežo, ki poleg obodnih vključuje tudi eno centralno točko** (glej 1.2.1<sup>6</sup>) – ta točka naj bi postopoma dobila vlogo državnega geodetskega observatorija,
- **zagotavlja primerne lokacije tako s stališča reliefnih danosti kot tudi glede vegetacije in klimatskih danosti** (glej 1.2.2 in 1.2.3) – dokaz so že obstoječe lokacije stalnih postaj omrežja SIGNAL (GNSS-meritve so glede tega najbolj občutljive) znotraj praktično vseh dobljenih makrolokacij ...
- **zagotavlja primerne lokacije s stališča geotektonskih danosti** (glej 1.2.4) – točke se nahajajo znotraj vseh pomembnejših tektonskih con oziroma na različnih straneh ključnih tektonskih prelomov,
- **zagotavlja primerne lokacije tudi glede na druge vplivne dejavnike** (glej 1.2.5) – dokaz so že obstoječe lokacije stalnih postaj omrežja SIGNAL in opazovalnih postaj nekaterih sorodnih omrežij (z vso zahtevano infrastrukturo) znotraj praktično vseh dobljenih makrolokacij ...

---

<sup>6</sup> Gre seveda za najmanjše število točk, ki zadosti temu kriteriju – za vsa manjša števila točk v mreži so (ob optimalni razporeditvi le-teh) prav vse točke mreže hkrati tudi obodne točke mreže.

### **3.2 Obeležitev/stabilizacija točk kombinirane geodetske mreže Slovenije**

Kombinirana geodetska mreža 0. reda mora izpolnjevati ustrezne mednarodne standarde, če se bomo želeli na ta način vključiti v mrežo obstoječih evropskih kombiniranih mrež tipa ECGN in sodelovati v kampanjah za globalno spremljanje težnostnega polja Zemlje in modeliranje časovno odvisnih sprememb v Zemljini skorji.

Stabilizacija točk kombinirane geodetske mreže 0. reda Slovenije mora zagotavljati trajno lokalno stabilnost vseh točk. To pomeni, da je stabilizacija takšna, da minimizira vpliv okolice oziroma, da je mikro-lokalna stabilnost točke v kar največji meri neodvisna od lokalnih naravnih in človeških vplivov na njeno stabilnost. Ker se tem vplivom ne moremo v celoti izogniti, je nujno, da je stabilizacija točk izvedena v obliki najvišje kakovosti. Na ta način je zagotovljena največja možna lokalna stabilnost. Te točke naj bi bile torej stabilizirane kar se da kakovostno ter hkrati tako, da bodo morebitne spremembe položaja točke predstavljale spremembe, ki imajo svoj izvor v regionalni tektoniki. Projekt stabilizacije naj bi pripravila ekspertna ekipa strokovnjakov, ki bi pripravila tudi podroben protokol stabilizacije z upoštevanjem ustreznih strokovnih standardov.

Način stabilizacije mora deloma slediti tudi zahtevam in potrebam predvidene merske opreme, ki bi jo uporabili za izvajanje opazovanj na točki. Hkrati mora stabilizacija točk kombinirane mreže zagotavljati združljivost z različnimi merskimi tehnikami, saj mora omogočati meritve GNSS, geometrični nivelman in gravimetrične meritve ter terestrične meritve v lokalni mikro-geodetski mreži. To pomeni, da je potrebno poskrbeti, da bo možno na točko postaviti vse predvidene geodetske merske instrumente oziroma ustrezen pribor.

Zaradi visoke stopnje zahtevnosti izvedbe je za optimalno stabilizacijo točk potrebno pripraviti ustrezno navodilo, ki bi hkrati omogočalo izvedbo stabilizacije po podrobno določenem enotnem protokolu za vse točke. V navodilu bo bilo potrebno opredeliti način permanentnega spremljanja lokalne stabilnosti, fizičnega stanja in vzdrževanja teh točk.

Namen vzpostavitve kombinirane geodetske mreže 0. reda je kontinuirano (neprekinjeno ali periodično) izvajanje vseh možnih geodetskih opazovanj najvišje kakovosti za potrebe realizacije državnega referenčnega sistema. Kot vemo, je potrebno za praktične potrebe koordinatni sistem fizično vzpostaviti oziroma materializirati. V geodeziji praktično realizacijo referenčnega sistema izvedemo s fizično postavitvijo fizičnih/materialnih na katerih in med katerimi opravimo ustrezna geodetska opazovanja. Opazovanja na ali med fizično stabiliziranimi geodetskimi točkami nato obdelamo (izravnamo) v okviru geodetske mreže. Tako vzpostavimo različne vrste geodetskih mrež, odvisno od namena mreže in tipa oziroma vrste opravljenih opazovanj. Vez med teoretično definicijo referenčnega sistema in njegovo praktično realizacijo so torej geodetska opazovanja.

V Sloveniji imamo vzpostavljenih več vrst (državnih) geodetskih mrež:

- astrogeodetska mreža
- gravimetrična mreža
- nivelmanska mreža
- mreža stalno delujočih postaj GNSS

Naštete mreže se praviloma delijo na rede, pri čemer pa lahko pride tudi do sprememb v poimenovanju geodetske mreže. Tako imenujemo trigonometrično mrežo I. reda tudi **astrogeodetska mreža**, vendar le, ko v njenem okviru obravnavamo astronomska opazovanja potrebna za absolutno orientacijo mreže v okviru sistema CTS (Conventional Terrestrial reference System). Zgostitev trigonometrične mreže I. reda predstavljajo trigonometrične mreže nižjih redov (trig. mreža II. reda, trig. mreža II. dopolnilnega reda, trig. mreža III. reda, trig. mreža III. dopolnilnega reda, trig. mreža IV. reda), poligonometrična mreža, poligonska mreža, navezovalna mreža, linijska mreža. Dodatno so bile razvite tudi mestne geodetske mreže, ki so po namenu podobne zgoraj naštetim mrežam, vendar so razvite na območju večjih mest ali območjih intenzivne izrabe prostora. Astrogeodetska mreža z zgoraj naštetimi mrežami predstavlja praktično realizacijo geodetskega horizontalnega referenčnega sistema. To pomeni, da so točkam v okviru teh mrež določene kakovostne horizontalne koordinate (na površini referenčnega elipsoida ali ravnini kartografske projekcije), višina točk v teh mrežah je slabše določena. Kot tip opazovanj se za vzpostavitev teh geodetskih mrež uporabljajo opazovanja horizontalnih kotov in smeri, dolžin med točkami ter zenitnih razdalj ali višinskih kotov. Zenitne razdalje in višinski koti se obravnavajo kot pomožna opazovanja, ki so namenjena za korektno redukcijo opazovanj na referenčno ploskev horizontalnega referenčnega sistema, to je na referenčni elipsoid.

Višinski referenčni sistem je realiziran v obliki **nivelmanske mreže**. V državi imamo tudi nivelmansko mrežo razdeljene na rede. Nivelmanske mreže so realizirane so na osnovi opazovanj višinskih razlik s postopkom geometričnega nivelmana. V okviru nivelmanskih mrež izvajamo tudi gravimetrična opazovanja, ker nam le kombinacija geometrično določenih višinskih razlik in gravimetričnih opazovanj omogoča določitev enoličnih vrednosti višin točk.

Gravimetrični sistem je realiziran v obliki **gravimetrične mreže**. Kakor astrogeodetska in nivelmanska mreža je tudi gravimetrična mreža razdeljena na rede in sicer na gravimetrično mrežo 0. reda in mrežo 1. reda, ki predstavlja zgostitev mreže 0. reda. Mreža 0. reda je torej mreža najvišjega reda in jo predstavljajo lokacije točk, ki so izpolnile zahtevne kriterije in na katerih so bila opravljena absolutna opazovanja težnostnega pospeška. Kriteriji za lokacije točk 1. reda so blažji, v mreži so opravljena relativna gravimetrična opazovanja. Poleg vrednosti težnostnega pospeška so točkam gravimetrične mreže določene tudi višine z geometričnim nivelmanom ter vrednosti geografskih koordinat na osnovi izmere GNSS.

**Mreža stalno delujočih referenčnih postaj GNSS** (omrežje SIGNAL) je namenjena za realizacijo horizontalnega referenčnega sistema v okviru terestričnih (globalnih, absolutnih, geocentričnih) referenčnih sistemov. Glavni tip opazovanj so kodna in fazna opazovanja v okviru globalnih satelitskih navigacijskih sistemov (GNSS). Točke oz. postaje omrežja SIGNAL imajo tako določene elipsoidne (geometrične) koordinate  $(\varphi, \lambda, h)$  v dveh terestričnih koordinatnih sistemih ITRS in ETRS89. V Sloveniji

trenutno potekajo aktivnosti (terenske izmere) za povezavo postaj omrežja SIGNAL v državni višinski in horizontalni sistem.

Vsaka izmed zgoraj naštetih geodetskih mrež je torej vzpostavljena za točno določen namen. In, našete geodetske mreže med seboj tudi dokaj ohlapno povezane. Ohlapnost povezav izhaja iz tipov opazovanj, ki jih v okviru posameznih geodetskih mrež uporabljamo, različnih načinov stabilizacije geodetskih točk v posameznih mrežah ter konceptualne ločitve horizontalne in višinske komponente geodetskega referenčnega sistema. Ločitev geodetskega referenčnega sistema na horizontalno in višinsko komponento ima praktične in teoretične razloge. Obe skupini razlogov izhajata iz preteklosti in temeljita ne dejstvu, da geometrije težnostnega polja Zemlje kot tudi astronomske refrakcije ne poznamo dovolj dobro, da ju bi bilo možno uporabiti za redukcije geodetskih opazovanj najvišje kakovosti. To še vedno drži, vendar pa imamo danes na razpolago tehnologije (GNSS), ki jih v preteklosti niso imeli in omogočajo pridobitev kakovostnih geometričnih (geodetskih, elipsoidnih) koordinat točk, ki jih potrebujemo za kakovostno redukcijo tako nivelmanskih kot gravimetričnih opazovanj v višinski referenčni sistem. Po drugi strani pa omogočajo gravimetrična in nivelmanska opazovanja na referenčni točki GNSS, vzpostavitev povezave horizontalnega in višinskega sistema v tej točki.

Namen vzpostavitve kombinirane geodetske mreže 0. reda je torej v vzpostavitvi povezav med različnimi referenčni sistemi ter različnimi tipi geodetskih opazovanj na identičnih točkah, to je točkah mreže 0. reda. Naš namen je tako na vsaki točki 0. reda vzpostavitev najkakovostnejše možne povezave med:

- državnim horizontalnim sistemom
- državnim višinskim sistemom
- državnim gravimetričnim sistemom
- terestričnim sistemom

Za povezavo vseh naštetih geodetskih referenčnih sistemov je torej potrebno vzpostaviti/stabilizirati fizične geodetske točke ter na njih in med njimi opraviti ustrezna opazovanja.

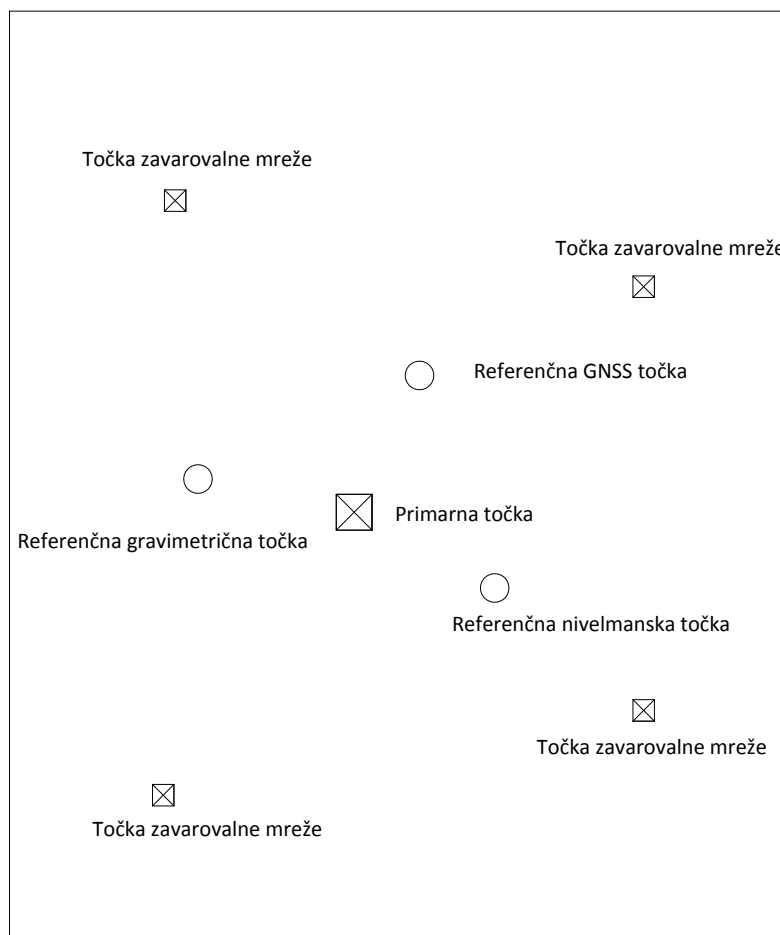
Vsaka točka kombinirane mreže 0. reda je tako sestavljena iz naslednjih točk (na vsaki od teh točk bodo opravljena različna opazovanja):

- **primarna točka**
  - opazovanja GNSS
  - nivelmanska opazovanja
  - gravimetrična opazovanja
  - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mreže
- **referenčna GNSS točka**
  - opazovanja GNSS
  - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mreže
- **referenčna nivelmanska točka**
  - opazovanja GNSS
  - nivelmanska opazovanja
  - gravimetrična opazovanja
  - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mreže

- **referenčna gravimetrična točka**
  - opazovanja GNSS
  - nivelmanska opazovanja
  - gravimetrična opazovanja
  - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mreže
  
- **točka zavarovalne mreže**
  - opazovanja GNSS
  - nivelmanska opazovanja
  - gravimetrična opazovanja
  - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mreže

Če sedaj pogledamo, katera opazovanja nameravamo opraviti na kateri od naštetih točk, ugotovimo, da lahko opravimo določeno združitev posameznih referenčnih točk. Tako lahko združimo primarno točko, referenčno nivelmansko in referenčno gravimetrično točko v isto/identično točko, kjer pa je potrebno poskrbeti za ustrezno stabilizacijo. Točka mora biti namreč tako stabilizirana, da bo na njej mogoča izvedba vseh predvidenih tipov opazovanj. Vendar pa preveliko združevanje/zmanjševanje števila točk ni smiselno, kajti veliko število opazovanj na velikem številu točk zagotavlja čvrsto geometrijo mikro-mreže ter, v primeru morebitnega premika ali uničenja posamezne referenčne točke, omogoča večje število referenčnih točk nemoteno uporabo preostalih točk.

Na lokaciji vsake točke 0. reda se torej nahaja 8 fizično stabiliziranih točk. Število fizičnih točk je lahko, v skladu z zgoraj omenjenim možnim združevanjem posameznih referenčnih točk, tudi manjše. Vsaka od teh točk je stabilizirana tako, da je na njej možna optimalna izvedba ustreznih opazovanj. Vse točke so globoko temeljene, izdelane dovolj masivno iz armiranega betona in opremljene z ustrezno označbo točke. Shematski prikaz točk na vsaki lokaciji točke 0. reda je prikazan na spodnji sliki.



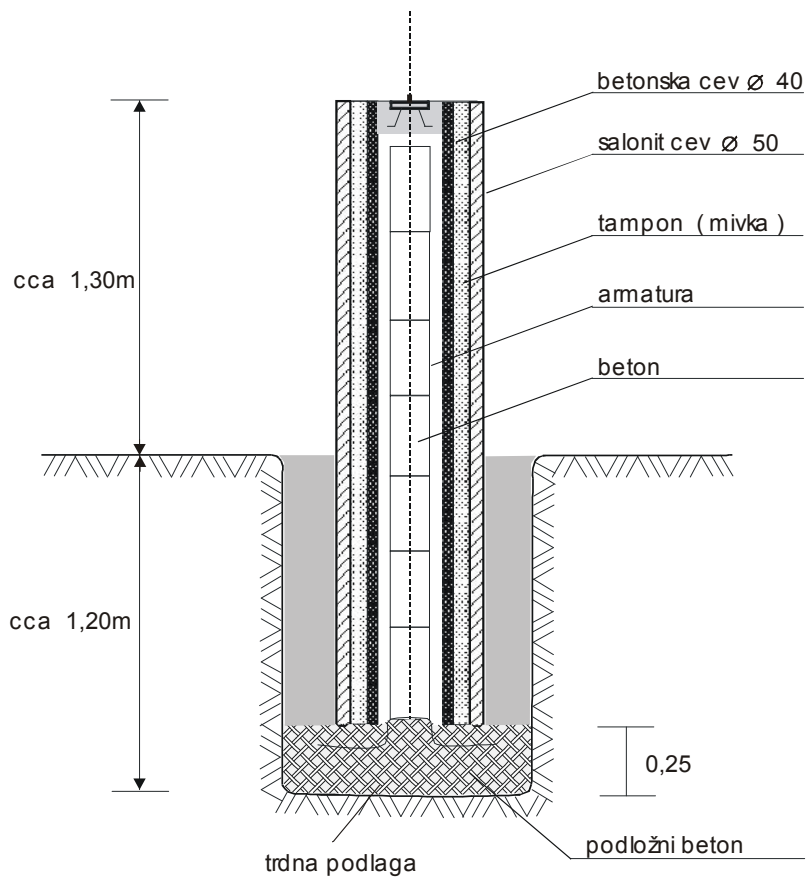
Slika 3.2-1: Shematski prikaz razporeditve referenčnih točk vsake točke 0. reda.

Točke so torej namenjene različnim opazovanjem in torej stabilizirane na nekoliko različne načine. V nadaljevanju predstavljamo stabilizacijo vsake od naštetih točk.

### 3.3 Primarna točka

#### 3.3.1 Prva možnost

Primarna točka kombinirane geodetske mreže 0. reda naj bi bila stabilizirana z globoko in masivno temeljenim betonskim stebrom. Na steber naj bi bila (v beton) vgrajena kovinska plošča z vijakom z ustreznim navojem, ki omogoča prisilno centriranje geodetskega instrumenta. Zaobljena izvedba navoja na vrhu zagotavlja enolično postavitve precizne nivelmanske late, kar je potrební pogoj za visoko določitev natančnosti višine točke kombinirane geodetske mreže 0. reda (DIN 4107). Tak način stabilizacije omogoča natančnost centriranja velikostnega reda desetinke milimetra. Predlagana izvedba zagotavlja neodvisno uporabo merskih tehnologij za natančno določitev horizontalnega položaja točke (izmera GNSS), za določitev višine točke (precizni nivelman tipa NVN) ter spremljanje lokalne stabilnosti točke kombinirane geodetske mreže 0. reda (precizna terestrična izmera).



Slika 3.3.1-1: Stabilizacija referenčne točke z masivnim betonskim stebrom.

Stabilizacija točke naj omogoča meritve GNSS, nivelmanske in gravimetrične meritve ter, za potrebe spremljanja lokalne stabilnosti tudi terestrične geodetske meritve.



Slika 3.3.1-2: Vijak z ustreznim navojem z zaobljenim vrhom za prisilno centriranje.



### 3.3.2 Druga možnost

Primarna točka kombinirane geodetske mreže 0. reda je lahko tudi stabilizirana kot talna točka. To pomeni, da je točka pravzaprav masiven betonski temelj, postavljen na čvrsti podlagi, na katerega je postavljena armirano betonska plošča, ki pa sega le do nivoja terena. Na betonsko ploščo je vgrajena plošča z navojem za prisilno centriranje.

Tudi tokrat naj stabilizacija točke omogoča meritve GNSS, nivelmanske in gravimetrične meritve ter, za potrebe spremljanja lokalne stabilnosti tudi terestrične geodetske meritve.

Vsaka od omenjenih možnosti stabilizacije primarne točke ima svoje prednosti in slabosti. Stabilizacija z visokim stebrom je dobra rešitev za slučaj, ko bomo na točki občasno izvajali opazovanja, ki niso predvidena kot stalna geodetska opazovanja. Takšna opazovanja so npr.:

- astronomska opazovanja in/ali
- geomagnetna opazovanja.

Opazovanja, ki bi jih želeli opraviti na primarni točki bodo torej lahko opravljena neposredno na sami točki s prisilnim centriranjem instrumenta. V primeru, ko bomo imeli talno stabilizacijo primarne točke, bo opazovanja potrebno opraviti na stativu kar lahko predstavlja določen vir pogoška centriranja in določitvi višine instrumenta.

Težavam pri uporabi lesenega stativa se lahko izognemo z izdelavo kovinskega (jeklenega) stativa, ki ga postavimo na primarno talno točko. Pri tem je potrebno stativ izdelati v obliki paličja. Tak stativ pritrujemo na talno ploščo z vijaki ter tako zmanjšamo pogošek centriranja kot tudi pogošek izmere višine instrumenta.

### 3.4 Referenčna točka GNSS

Referenčna točka za meritve GNSS je stabilizirana na podoben način kot primarna točka na betonskem stebri, prikazana na Sliki 3.3.1-2, s tem da je le-ta sedaj visok 1,5 do 2,0 m. Prav tako je opremljen z železno ploščo z vgrajenim vijakom za prisilno centriranje.

Stabilizacija točke naj omogoča meritve GNSS, nivelmanske in gravimetrične meritve ter za potrebe spremljanja lokalne stabilnosti tudi terestrične geodetske meritve.

Lokacija GNSS-točke naj bi se nahajala na takšnem mestu, da je omogočen neoviran sprejem GNSS-signalov. V okolici-bližini točk naj ne bi bilo objektov ali drugih fizičnih ovir (vegetacija) – zaradi problema prekinitev sprejema GNSS-signalov. Če se oviram v okolici točk ne bi mogli izogniti, naj bi upoštevali dvoje:

- GNSS-točke naj se nahajajo južno od ovir;
- GNSS-točke naj bi bile od ovir oddaljene toliko, da bi se ovire nahajale pod višinskim kotom  $15^\circ$ , zaželeno pod  $5^\circ$  [Horváth in sod., 2008] ali še nižje.

Stabilizacija GNSS-točk naj bi bila taka, da se venomer uporabljajo isti nastavki za postavitve GNSS-antene (še bolje bi bilo, da antene postavljamo direktno na stebre), saj lahko dodatna oprema, kot so nastavki, predstavljajo znaten vir pogreška določitve položaja.

GNSS-točka kombinirane geodetske mreže naj bi sledila načinu stabilizacije primerne točke. Pri tem bi morali zagotoviti minimalno možno deformacijo stebra zaradi spreminjajočih se temperaturnih in drugih vremenskih vplivov, za kar bi bila zadolžena ekipa za to usposobljenih strokovnjakov. To pomeni, da bi le-ti določili ustrezne materiale, ki omogočajo najmanjše raztezanje/krčenje zaradi zunanjih vplivov, ki so značilni za lokacijo vsake točke 0.reda. Hkrati bi potrdili, ali dimenzije stabiliziranega stebra ustrezajo lokalnim klimatskim pogojem.

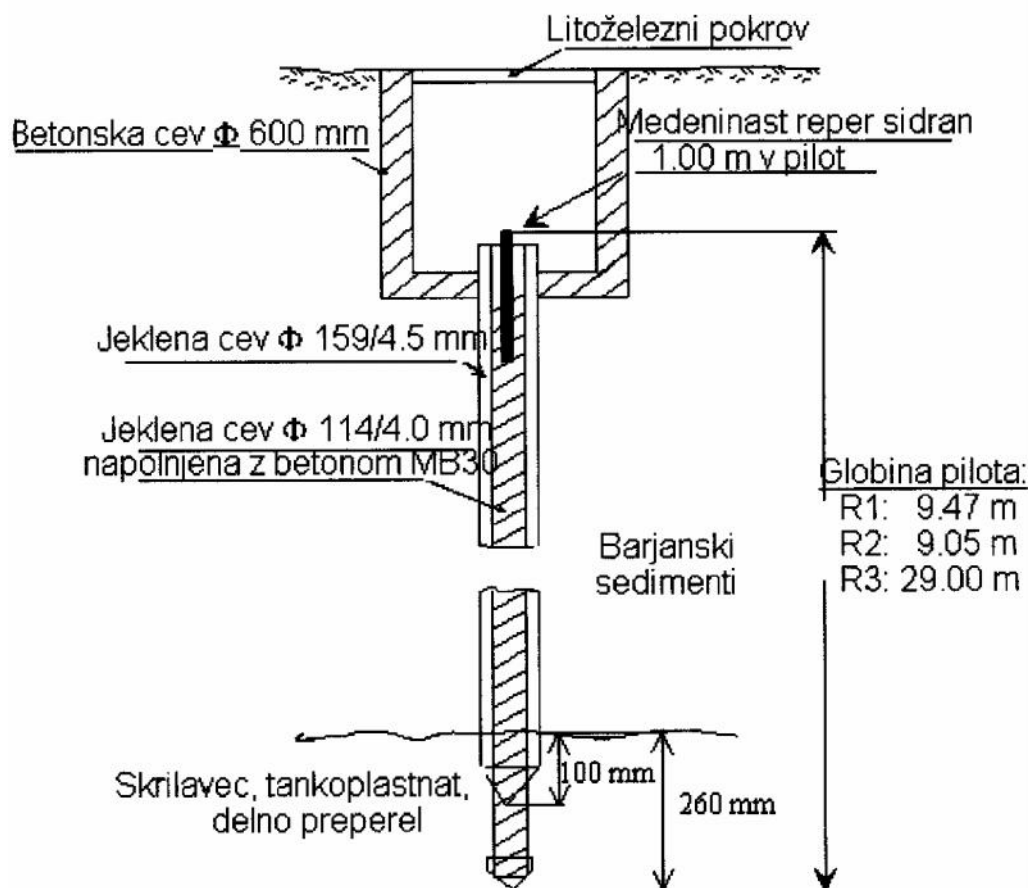
### 3.5 Referenčna nivelmanska točka

Višinske točke kombinirane geodetske mreže 0. reda naj bi bile stabilizirane na način, ki po kakovosti in načinu izvedbe ustreza stabilizaciji fundamentalnega reperja. Kot zavarovalni reperji bi služile primerno stabilizirane točke zavarovalne mreže.

Če je možno reper stabiliziramo v matično kamnino (glej sliko spodaj). Stabiliziran reper je potrebno tudi zaščititi, n.pr. s pokrovom, ki je privit na vijake, ki so vgrajeni v skalo. Drugače je potrebno reper stabilizirati, kot globinski reper, tako, da dosežemo nosilna tla (glej sliko spodaj). Kot zavarovalni reperji bi služile primerno stabilizirane točke zavarovalne mreže.



Slika 3.5-1: Reper stabiliziran v matično kamnino.



Slika 3.5-2. Skica globinskega reperja.

### 3.6 Referenčna gravimetrična točka

Gravimetrične točke kombinirane geodetske mreže 0. reda naj bi bile stabilizirane na način, ki po kakovosti in načinu izvedbe ustreza stabilizaciji absolutne gravimetrične točke. Za izvajanje absolutne gravimetrične izmere s »prenosnim« absolutnim gravimetrom, je potrebno zagotoviti temeljno ploščo, ki je temeljena na nosilna tla, velikosti 1 m × 1 m. V tem primeru je možno na temelj istočasno postaviti tudi dva relativna gravimetra (glej sliko spodaj). Tako izločimo posedanje instrumenta med relativno gravimetrično izmero. V temeljno ploščo je potrebno vgraditi kovinski čep z zaokroženim vrhom, ki omogoča enolično postavitve nivelmanske late. Merjeni težni pospešek se nanaša na vrh kovinskega čepa.



Slika 3.6-1: Absolutna gravimetrična točka AGT 400 – Areh.

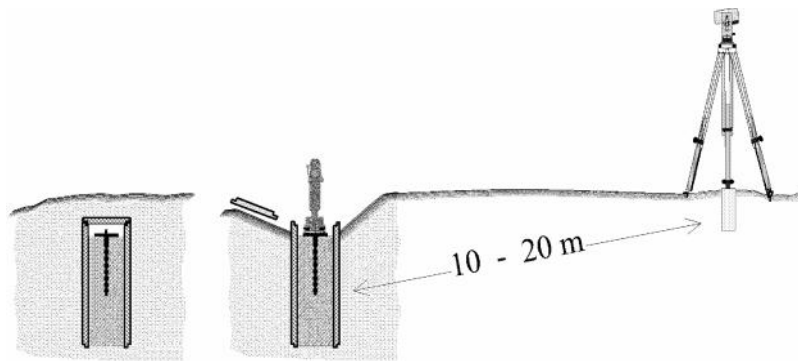
### 3.7 Točke zavarovalne mreže

Za ugotavljanje lokalne stabilnosti primarne točke, referenčne točke GNSS ter referenčne gravimetrične in nivelmanske točke se v neposredno okolici teh točk razvije zavarovalna mreža. To je mikro-geodetska mreža, v okviru katere, na osnovi terestričnih opazovanj spremljamo/ugotavljamo horizontalno in višinsko stabilnost primarne in referenčnih točk na mikro-območju zavarovalne mreže.

Vzpostaviti je torej potrebno točke zavarovalne mreže, ki se nahajajo v neposredni bližini točke. Zavarovalno mrežo naj bi sestavljale štiri točke, stabilizirane s talno stabilizacijo, ki se nahajajo v oddaljenosti do 100 m od primarne točke ter referenčnih točke. Točke zavarovalne mreže naj bi bile stabilizirane z ustrezno temeljenim betonskim kvadrom, velikosti vsaj 50 cm × 50 cm × 50 cm. Vanj je navpično vgrajen kovinski čep z navojem, ki omogoča prisilno centriranje.

V horizontalnem smislu določamo stabilnost primarne in referenčne točke GNSS glede na točke zavarovalne mreže. Stabilnost določamo na osnovi ponovljenih terestričnih meritev (horizontalni koti/smeri in dolžine ter zenitne razdalje za potrebe ustreznih redukcije), kar pomeni, da mora biti nujno zagotovljena medsebojna vidnost vseh naštetih točk zavarovalne mreže. Terestrično izmero za spremljanje horizon-

talne stabilnosti v okviru zavarovalne mreže uporabimo ekscentrična stojišča, s katerimi eliminiramo pogrešek centriranja na točki ter se izognemo izmeri višine instrumenta.



Slika 3.7-1: Stabilizacija točke zavarovalne mreže in ekscentrično stojišče.

Poleg opisane zavarovalne mreže za spremljanje stabilnosti v horizontalnem smislu mora biti vzpostavljena tudi zavarovalna nivelmanska mreža. Zavarovalno nivelmansko mrežo sestavljajo 4 zavarovalni reperji, ki naj bi bili vgrajeni v istem betonskem temelju kot zavarovalna točka horizontalne mreže. Mogoča je tudi drugačna oblika izvedbe stabilizacije točke zavarovalne mreže, kjer se v enotni navoj privije nastavek za reflektor, anteno GNSS ali nivelmansko lato, kot je prikazano na sliki spodaj.



Slika 3.7-2: Nastavek, privit na navoj horizontalne zavarovalne točke.

Ob izbiri lokacij točk zavarovalne mreže je na ustrezen način potrebno zagotoviti tudi najustreznejšo geometrijo zavarovalne mreže.

Zavarovalni reper lahko služi tudi za zavarovanje gravimetrične referenčne točke.

Obe vrsti zavarovalne mreže sta namenjeni najnatančnejši možni kontroli stabilnosti primarne in vseh referenčnih točk na vsaki točki 0. reda. Kontrolne meritve se izvajajo prva tri leta enkrat letno in sicer ločeno izmera in izravnava triangulacijsko-trilateracijske mreže ter ločeno relativna gravimetrična opazovanja in niveliranje referenčne višinske in gravimetrične točke z zavarovalno mrežo. Kasneje, na osnovi pridobljenih rezultatov izmer, določimo optimalne časovne intervale za izvedbo periodičnih izmer za posamezno točko 0. reda.

Točke zavarovalne mreže bi določevale geodetski datum te lokalne mreže velike natančnosti. Tako morebitna dodatna orientacija mreže ne bi prišla v poštev. Če pa bi se v daljšem časovnem obdobju zgodilo, da bi ugotovili nestabilnost kakšne točke zavarovalne mreže, ta ne bi smela več določati geodetskoga datuma mreže. Glede namena zavarovalne mreže to ne bi bilo usodno, saj bi mrežo tvorile štiri točke. Če bi ugotovili premik kakšne točke, bi potem bilo potrebno vse izmere preračunati na nov geodetski datum, ki bi ga tvorile le tri stabilne točke.

### **3.8 Dejavniki izbora makrolokacij za točke kombinirane geodetske mreže Slovenije**

Naravni in družbeni dejavniki in zahtevana infrastruktura:

- geološko primerne lokacije
- za izvedbo geodetskih opazovanj primerne lokacije (specifično za GNSS, terestrične izmere, gravimetrijo,...)
- klimatske razmere na izbrani makrolokaciji
- infrastruktura (pomembno za prenos podatkov)
- možnost odkupa zemljišč

Pri izbiri lokacij za točke kombinirane geodetske mreže moramo v prvi vrsti upoštevati enakomerno porazdelitev točk po površini države, kar je bilo predhodno določeno v poglavju »1.2.1 Umestitev mreže glede na obliko in velikost države«. Enakomerno razporejene točke so pomembne za zagotovitev višinskega sistema na posameznih območjih in spremljanje višinske stabilnosti različnih območij Slovenije. Na osnovi analize višinske stabilnosti posameznih območij Slovenije, bi bilo možno določiti območja, kjer bi bilo potrebno dodatno sanirati nivelmansko mrežo Slovenije. Kontrola višinske stabilnosti posameznih območij je pomembna tudi za orientacijo in kontrolo orientacije ploskve geoida in uporabo GNSS višinomerstva v praksi.

Točke morajo biti stabilizirane na geološko stabilnem terenu, zato je pri izboru makrolokacij potrebno upoštevati obstoječe karte potresno neaktivnih območij. Pri izboru in določevanju mikrolokacij je potrebno pridobiti ekspertno mnenje strokovnjaka s področja geologije oziroma tektonike. Optimalno bi bilo, če bi se točke lahko stabilizirale na raščeni, to je primarni skali in ne na območjih rečnih ali ledeniških nanosov. Problematična so tudi vetrovna območja, zato bi morali za to usposobljeni strokovnjaki pred stabilizacijo točk opraviti študijo ekstremnih vetrovnih vplivov na fizično postavljene točke.

Zaradi zagotovitve opazovanj GNSS se točke ne smejo nahajati na zaraščenem terenu, ali pa je potrebno zagotoviti kontinuirano čiščenje vegetacije. Ker v bližini (do 100 metrov) vzpostavimo tudi mrežo zavarovalnih točk, je pogoj vidnosti pomemben tudi za izvedbo kontrolnih meritev z namenom ugotavljanja lokalne stabilnosti točk kombinirane mreže 0. reda s terestričnimi metodami izmere.

Za zagotovitev tehničnih in operativnih zahtev, morajo biti mikrolokacije za točke kombinirane geodetske mreže 0. reda opremljene z ustrezno infrastrukturo, ki zagotavlja dostop do točke ter izpolnjevanje kriterijev različnih vrst opazovanj, ki se bodo izvajala na posamezni točki. Točke morajo biti v neposredni bližini ceste iz dveh razlogov. Prvi je dostop do točk z obsežno geodetsko mersko opremo, drugi pa je dostop do točke pri izvedbi geometričnega nivelmana. Za to metodo je pomembno, da potek nivelmana med točkami zavarovalne mreže in primerno ter referenčno GNSS točko poteka po dobro utrjeni podlagi.

Na točkah kombinirane geodetske mreže 0. reda se bodo kot neprekinjena opazovanja izvajala le opazovanja GNSS. Zato je na teh točkah potrebno zagotoviti vir električne napetosti ter povezava na svetovni splet. Za vse GNSS-točke, kjer bi se opazovanja vršila neprekinjeno je potrebno poskrbeti za zaščito tudi pred udarom strele.

Za območje, kjer bo stabilizirana točka kombinirane mreže 0. reda in zavarovalna mreža je potrebno pridobiti lastninske ali služnostne pravice. Pri projektiranju mreže je treba poskrbeti, da točka ne sme biti preveč izpostavljena pogledom, ker bi to morda privedlo do poškodovanja točk.

Na podlagi zapisanih kriterijev bi verjetno bile najbolj primerne lokacije postaj, za katere skrbi MOP-ARSO (potresne opazovalnice, meteorološke postaje).

### **3.9 Predlog izbora makrolokacij za točke kombinirane geodetske mreže Slovenije**

Podpoglavje vključuje predlog razporeditve izbranega števila (6-ih) točk kombinirane geodetske mreže 0. reda za Slovenijo. Predlog temelji na analizi možnosti za vzpostavitev kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture (faza 1: podpoglavje 1.2, posebej 1.2.1 – Umestitev mreže glede na obliko in velikost države). Sledi še analiza primernosti obstoječih lokacij, ki bi lahko bile uporabljene za točke mreže 0. reda.

#### **3.9.1 Predlog opredelitve makrolokacij za predlagano število točk kombinirane geodetske mreže Slovenije**

Predlog opredelitve makrolokacij izhaja iz kombiniranega predlog razporeditve 6-ih točk mreže (glej 1.2.1), ki je kompromis med obema uporabljenima (delno nasprotno) geometrijskima kriterijema za razporeditev točk v mreži, in sicer:

- da bodo točke mreže čimbolj na robu državnega ozemlja oziroma na kar največjih medsebojnih oddaljenostih (tj. da naj si bodo točke mreže čimbolj vsaksebi) in
- da točke mreže čimbolj enakomerno pokrivajo celotno državno ozemlje, torej da naj bo poljubna točka državnega ozemlja čimmanj oddaljena od najbližje točke mreže.

Prvi kriterij izhaja iz vloge mreže kot referenčnega ogrodja (za realizacijo državnega geodetskega datuma), drugi kriterij pa je pomemben s stališča zagotavljanja lokacijskih storitev za celotno državno ozemlje.

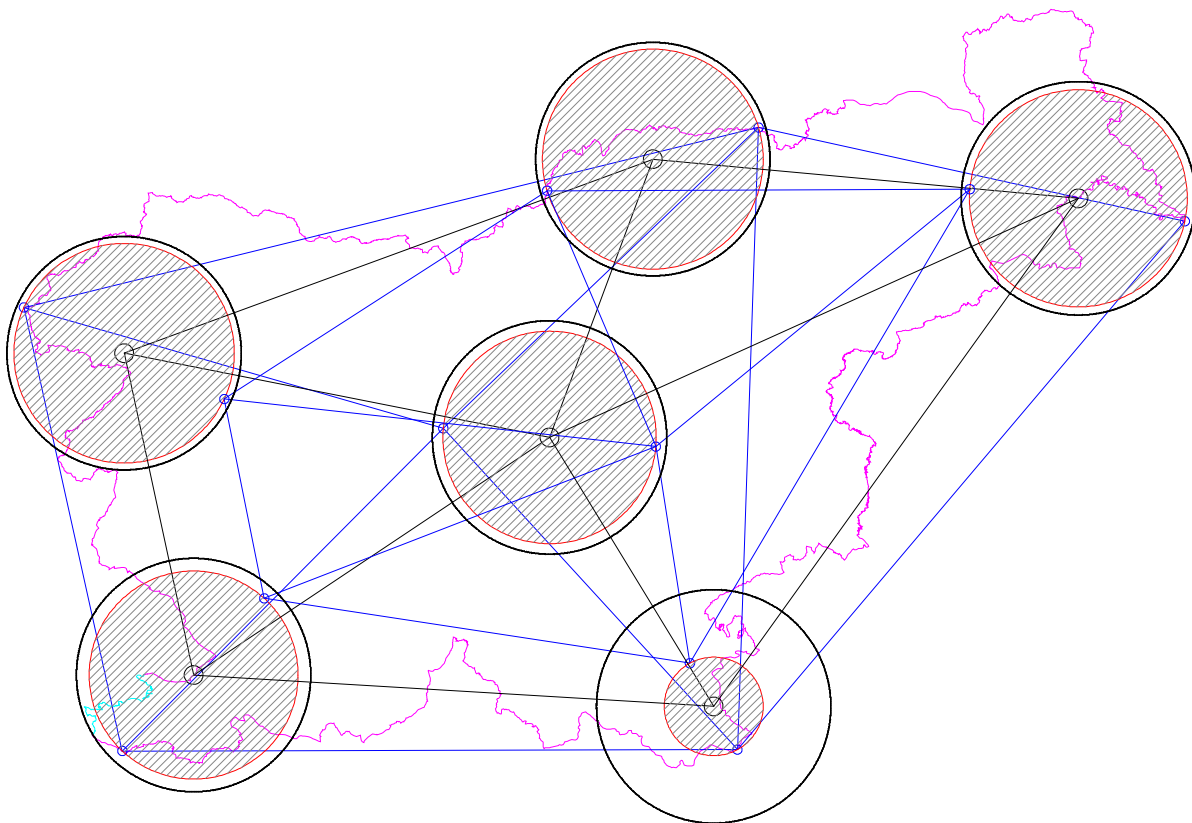
#### **3.9.2 Predlog opredelitve obsega makrolokacij za predlagano število točk kombinirane geodetske mreže Slovenije**

Predlog makrolokacij za 6 točk kombinirane geodetske mreže 0. reda je opredeljen s:

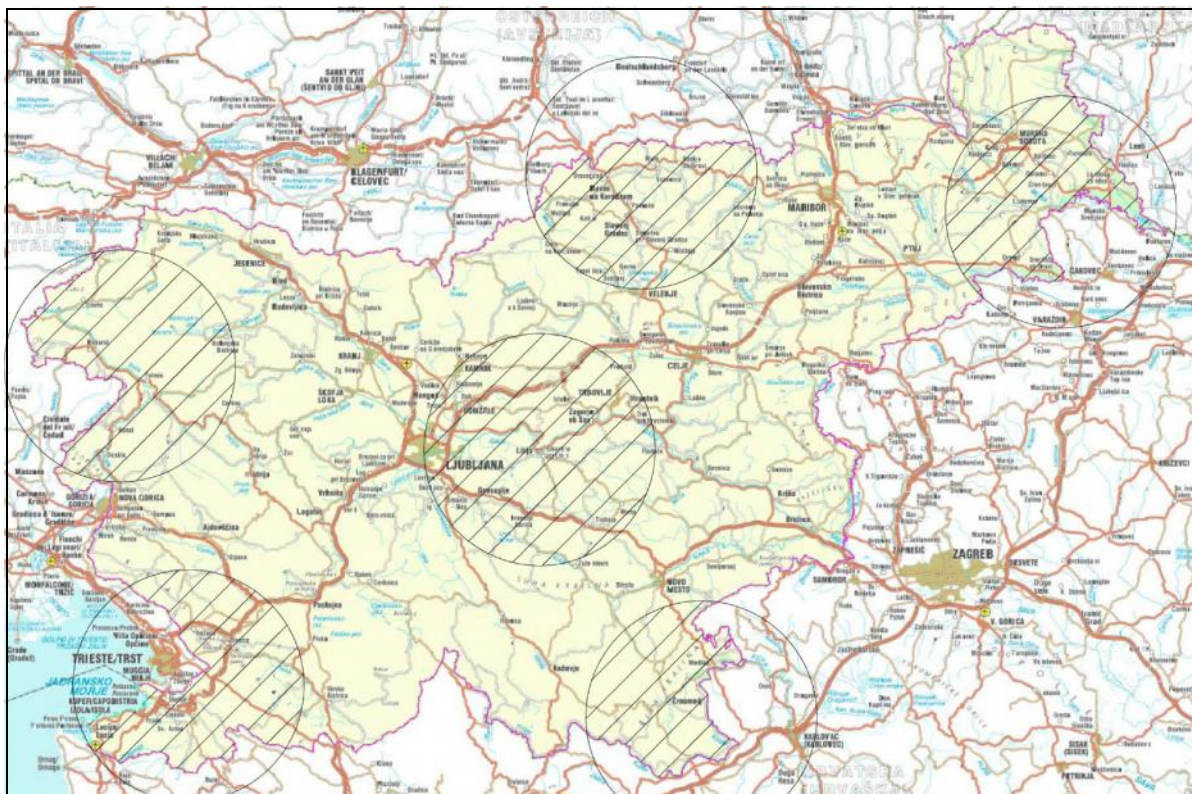
- središči krogov, ki izhajajo iz kombiniranega predloga za umestitev šestih točk mreže (glej sliko 1.2.1-19), in
- polmerom teh krogov, ki meri 25 km.

Polmer krogov je izbran tako, da za vseh šest točk vključuje tudi obe lokaciji iz obeh uporabljenih geometrijskih kriterijev; gre za grobo zaokroženo vrednost polmera, ki je večji od plomera največjega izmed krogov za določitev optimalnih lokacij (ki so središča teh krogov) na sliki 1.2.1-19 (ta znaša 23,56 km) – glej sliko 3.9.2-1.





Slika 3.9.2-1: Opredelitev makrolokacij točk mreže 0. reda s krogi polmera 25 km in središči v optimalnih lokacijah, kot kombinaciji obeh uporabljenih geometrijskih kriterijev.



Slika 3.9.2-2: Opredelitev makrolokacij točk mreže 0. reda s krogi polmera 25 km; podloga je državna pregledna karta v merilu 1 : 1.000.000 (ustrezno pomanjšana).

Pregled naselij, v katerih se nahajajo središča krogov, ki opredeljujejo makrolokacije točk mreže, ter mest in ostalih večjih naselij znotraj teh krogov je podan v preglednici 3.9.2-1. Podana so imena naselij, pri čemer je krepko izpisano ime mesta, ki je najbližje središču kroga; enako velja za ostala večja naselja – krepko je izpisano ime naselja, ki je najbližje središču kroga, ki opredeljuje makrolokacijo točke mreže.

Točka mreže	Naselje v središču 25 km kroga	Mesta <sup>7</sup> znotraj 25 km kroga	Ostala večja naselja znotraj 25 km kroga
1. severozahodna	<b>Kamno</b> , Občina Tolmin	Bovec, <b>Tolmin</b>	Bohinjska Bistrica, Deskle, Kanal, <b>Kobarid</b>
2. jugozahodna	<b>Socerb</b> , Občina Koper	Izola, <b>Koper</b> , Piran, Sežana	Ankaran, Dekani, Divača, Lucija, <b>Spodnje Škofije</b> , Sveti Anton
3. osrednja	<b>Litija</b> , Občina Litija	Domžale, Grosuplje, Hrastnik, Kamnik, <b>Litija</b> , Ljubljana (vzhodni del), Mengeš, Trbovlje, Trebnje, Višnja Gora, Zagorje ob Savi	Ivančna Gorica, Izlake, Lavrica, Mirna, Škofljica, Šmarje - Sap, <b>Šmartno pri Litiji</b> , Trzin
4. jugovzhodna	<b>Bedenj</b> , Občina Črnomelj	<b>Črnomelj</b> , Metlika	Semič, Stari trg ob Kolpi, <b>Vinica</b>
5. osrednja severna	<b>Trbonje</b> , Občina Dravograd	<b>Dravograd</b> , Mežica, Prevalje, Ravne na Koroškem, Slovenj Gradec, Šoštanj	Črna na Koroškem, Lovrenc na Pohorju, Mislinja, Muta, Radlje ob Dravi, Ravne, <b>Vuzenica</b>
6. severovzhodna	<b>Gibina</b> , Občina Razkrižje	Lendava, <b>Ljutomer</b> , Murska Sobota, Ormož	Beltinci, <b>Črenšovci</b> , Odranci, Radenci, Središče ob Dravi

Preglednica 3.9.2-1: Naselja znotraj krogov, ki opredeljujejo makrolokacije točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

Vidimo, da se znotraj vsake izmed makrolokacij, opredeljenih s krogi polmera 25 km, nahajata vsaj po dve mesti, na razpolago pa je še več drugih večjih naselij. Lociranje točk v večja naselja ali v bližino večjih naselij je zaželeno zaradi večje razpoložljivosti zahtevane infrastrukture kot tudi morebitnih intervencij na točkah (npr. odpravljanje okvar na stalno delujočih merilnih instrumentih).

<sup>7</sup> Gre za naselja s statusom mesta skladno z veljavnimi predpisi:

- Sklep DZ RS, katera naselja v RS imajo status mesta ..., Uradni list RS, št. 22/2000, str. 3152, in
- Sklep o podelitvi statusa mesta ..., Uradni list RS, št. 121/2005, str. 14113.

### 3.9.3 Analiza primernosti obstoječih lokacij znotraj predvidenih makrolokacij za predlagano število točk kombinirane geodetske mreže Slovenije

Podpoglavje vključuje pregled točk obstoječih geodetskih mrež ter točk ostalih sorodnih omrežij (glej tudi podpoglavji 1.2 in 2.3), ki se nahajajo znotraj predlaganih makrolokacij (krogi polmera 25 km), ter analizo njihove primernosti za predelavo v točke kombinirane geodetske mreže 0. reda.

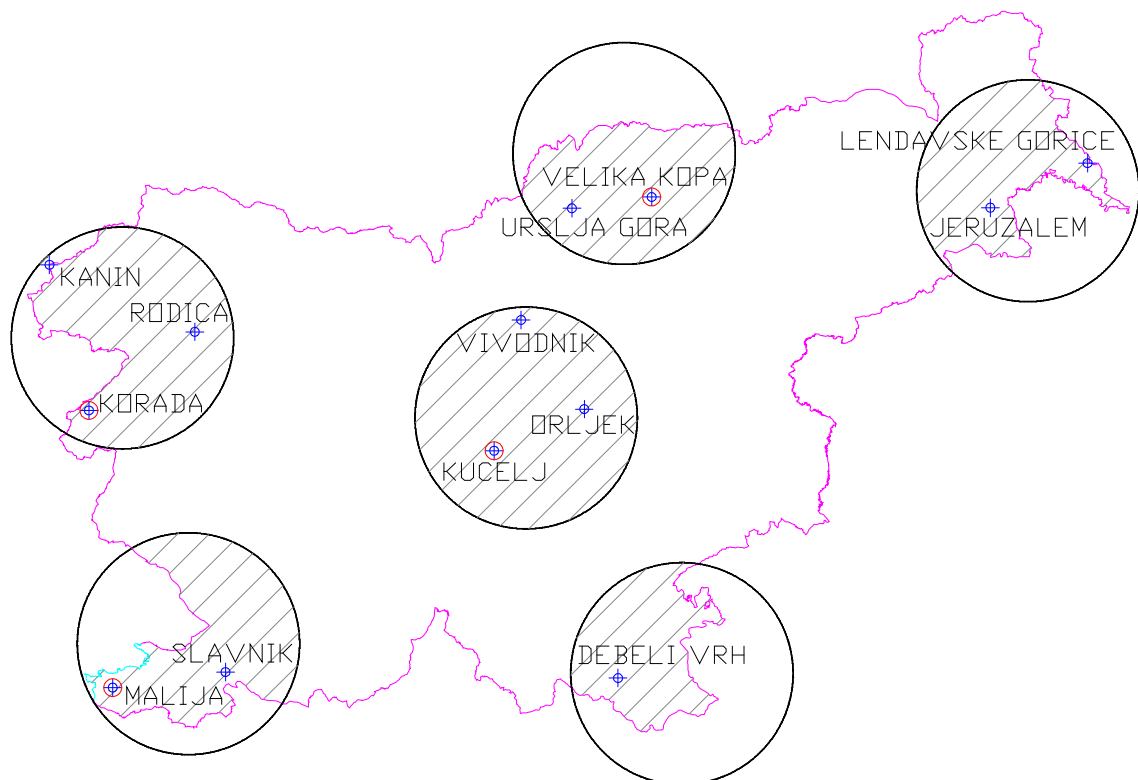
#### 3.9.3.1 Analiza primernosti obstoječih lokacij točk geodetskih mrež

V podpoglavjih, ki sledijo, je podan pregled najpomembnejših točk obstoječih geodetskih mrež, ki se nahajajo znotraj predlaganih makrolokacij, in sicer točk, ki predstavljajo ogrodja:

- horizontalnega/terestričnega koordinatnega referenčnega sistema,
- vertikalnega referenčnega sistema, ter
- gravimetričnega referenčnega sistema.

##### 3.9.3.1.1 Triangulacijske točke 1. reda (z EUREF-točkami)

Pregled triangulacijskih točk (astrogeodetske) mreže 1. reda (glej tudi sliko 1.2-1) znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda je na sliki 3.9.3.1.1-1.

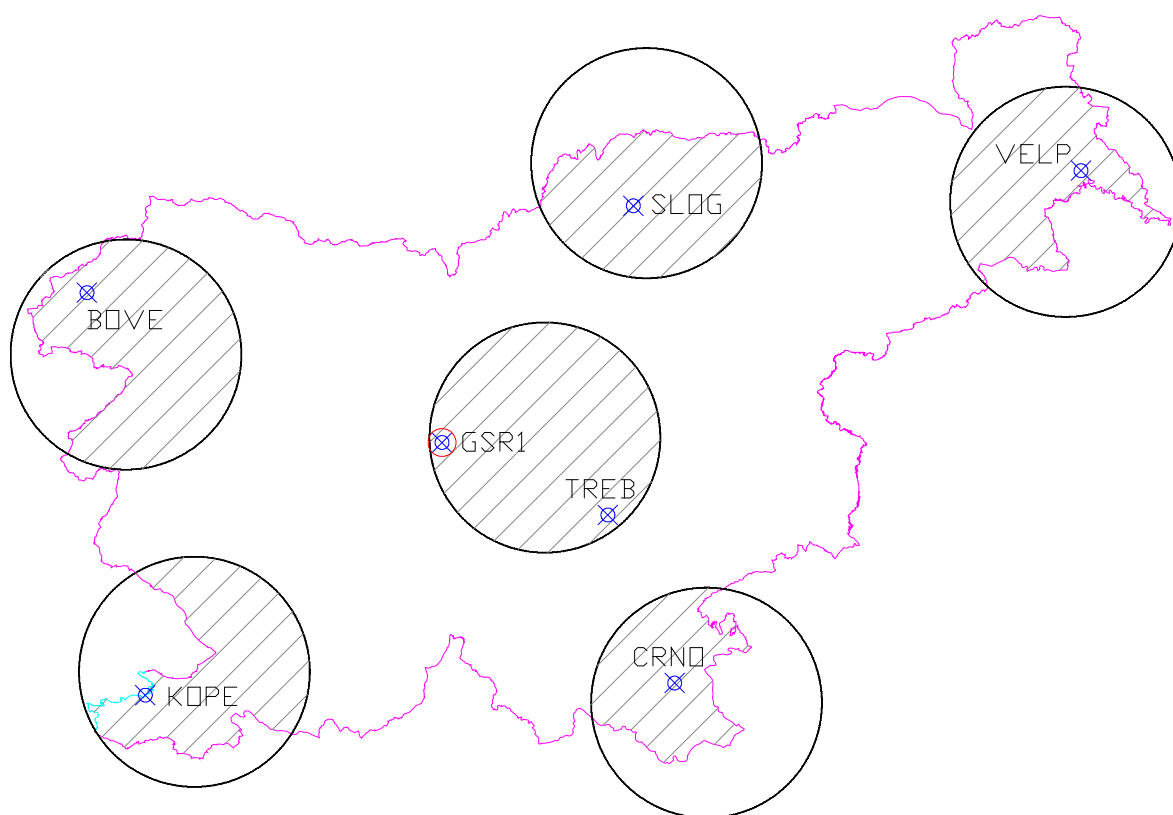


Slika 3.9.3.1.1-1: Triangulacijske točke 1. reda znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

Vidimo, da se znotraj vsake izmed makrolokacij, opredeljenih s krogi polmera 25 km, nahaja vsaj po ena triangulacijska točka 1. reda; skupaj se znotraj predvidenih šestih makrolokacij nahaja 13 triangulacijskih točk 1. reda. Na sliki 3.9.3.1.1-1 so z rdečimi krogi označene točke 1. reda, ki so hkrati uradne EUREF-točke (glej tudi sliko 1.2-2). Kar štiri od petih uradnih EUREF-točk v Sloveniji (Korada, Kucelj, Malija in Velika Kopa) se nahaja znotraj predvidenih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

### 3.9.3.1.2 Stalne postaje omrežja SIGNAL (s postajo EPN)

Pregled stalnih postaj omrežja SIGNAL (glej tudi sliko 1.2-3) znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda je na sliki 3.9.3.1.2-1.

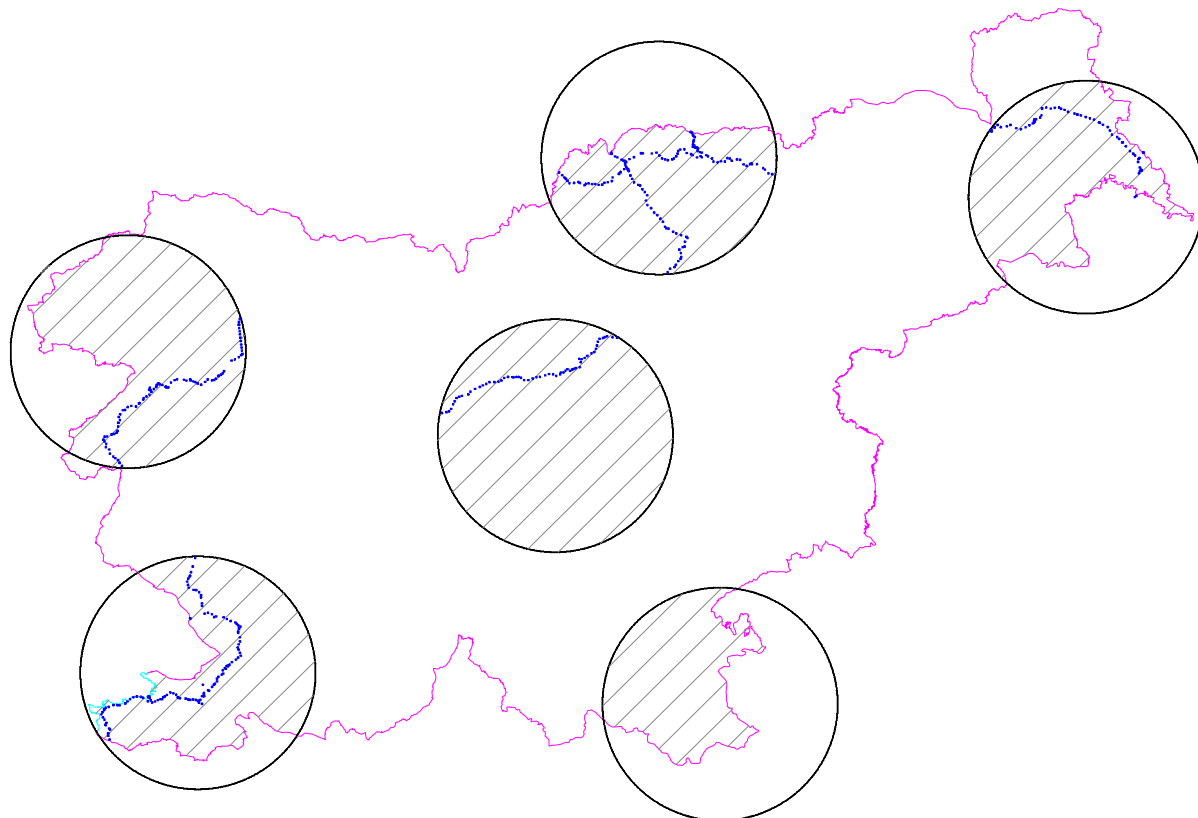


Slika 3.9.3.1.2-1: Stalne postaje omrežja SIGNAL znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

Vidimo, da se znotraj vsake izmed makrolokacij, opredeljenih s krogi polmera 25 km, nahaja vsaj po ena stalna postaja omrežja SIGNAL; skupaj se znotraj predvidenih šestih makrolokacij nahaja 7 postaj. Na sliki 3.9.3.1.2-1 je z rdečim krogom označena stalna postaja omrežja SIGNAL, ki je hkrati vključena tudi v EPN (postaja GSR1).

### 3.9.3.1.3 Reperji nivelmana visoke natančnosti (z mareografom)

Pregled reperjev nivelmana visoke natančnosti<sup>8</sup> (glej tudi sliko 1.2-4) znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda je na sliki 3.9.3.1.3-1.



Slika 3.9.3.1.3-1: Reperji nivelmana visoke natančnosti znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

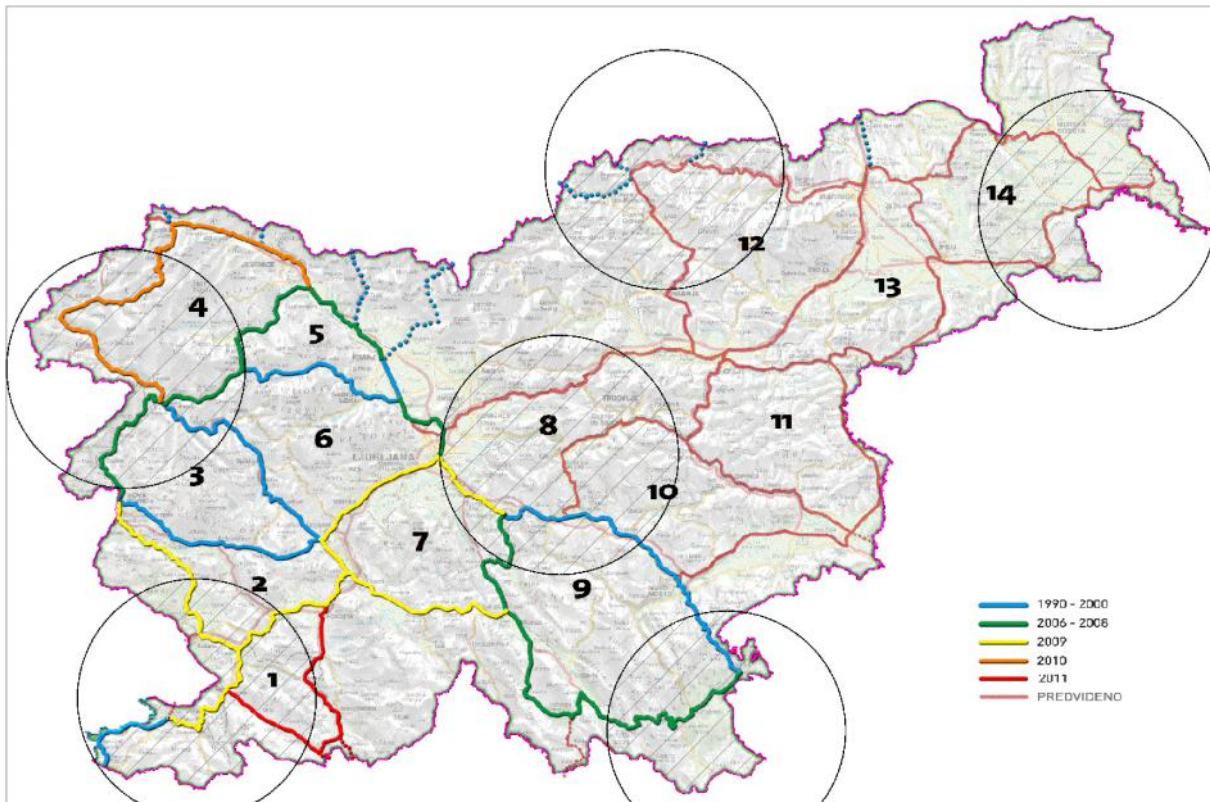
Nivelmanski poligoni NVN prečkajo predlagane makrolokacije vseh točk kombinirane geodetske mreže 0. reda razen ene (jugovzhodne); število reperjev znotraj posameznih lokacij je podano v preglednici 3.9.3.1.3-1.

Točka mreže	Št. reperjev NVN znotraj 25 km kroga	Pomembnejši reperji znotraj 25 km kroga
1. severozahodna	99	
2. jugozahodna	130	C 152 (vozliščni), reper mareografa KP
3. osrednja	61	
4. jugovzhodna	–	
5. osrednja severna	145	
6. severovzhodna	70	FR 3052 (fundamentalni)

Preglednica 3.9.3.1.3-1: Reperji nivelmana visoke natančnosti znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

<sup>8</sup> Upoštevano je stanje v centralni bazi geodetskih točk GURS na dan 18. 08. 2011.

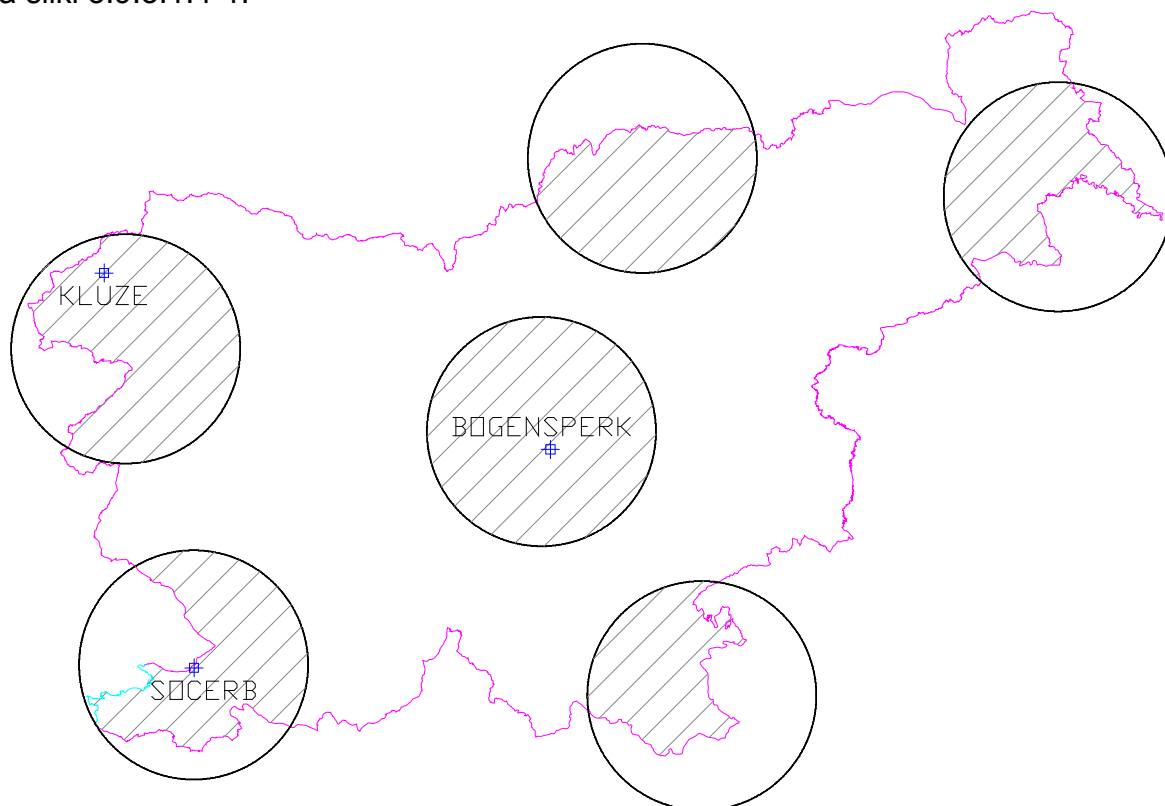
S slike 3.9.3.1.3-2 je razvidno, da bo mogoča navezava na osnovne nivelmanske mreže znotraj vseh predvidenih makrolokacij, saj je v teku tudi izmera novih.



Slika 3.9.3.1.3-2: Potek obstoječih in predvidenih nivelmanskih zank NVN in 1. reda znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

### 3.9.3.1.4 Absolutne gravimetrične točke

Pregled (absolutnih) gravimetričnih točk gravimetrične mreže 0. reda (glej tudi sliko 1.2-6) znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda je na sliki 3.9.3.1.4-1.



Slika 3.9.3.1.4-1: Absolutne gravimetrične točke znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

Vidimo, da se znotraj predlaganih makrolokacij, opredeljenih s krogi polmera 25 km, nahajajo tri absolutne gravimetrične točke (od šestih), in sicer točke Bogenšperk, Kluže in Socerb. Slednja točka se nahaja prav v središču (kroga) predlagane makrolokacije jugozahodne točke mreže, zelo blizu središča (kroga) predlagane makrolokacije osrednje točke mreže pa je tudi absolutna gravimetrična točka Bogenšperk.

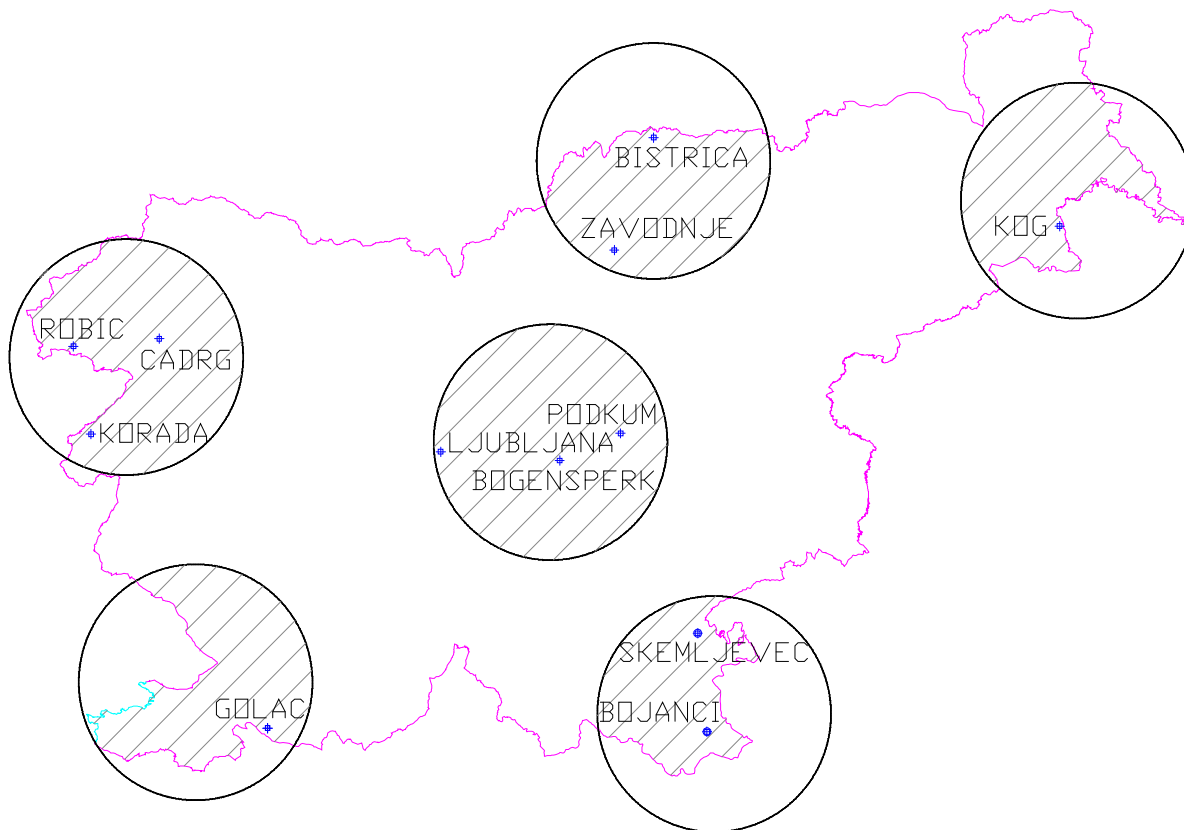
### 3.9.3.2 Analiza primernosti obstoječih lokacij točk sorodnih omrežij

V podpoglavjih, ki sledijo, je podan pregled najpomembnejših točk omrežij negeodetskih mrež točk/opazovalnic, ki se nahajajo znotraj predlaganih makrolokacij. Ločeno so obravnavane:

- točke omrežja potresnih opazovalnic ter
- vse ostale zanimive lokacije.

### 3.9.3.2.1 Postaje mreže potresnih opazovalnic ARSO

Pregled postaj mreže potresnih opazovalnic ARSO (glej tudi sliki 2.3.1-1 in 2.3.1-2) znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda je na sliki 3.9.3.2.1-1.



Slika 3.9.3.2.1-1: Potresne opazovalnice znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.

Vidimo, da se znotraj vsake izmed makrolokacij, opredeljenih s krogi polmera 25 km, nahaja vsaj po ena potresna opazovalnica.



Potresna opazovalnica Bistrica oz. Bistriški Jarek v Braniku nad Muto (BISS), ki beleži seizmične pojave v bližini jezua HE Golica, deluje od leta 1990 v pritličju stanovanjske hiše (slika 3.9.3.2.1-2) kot začasna namestitev prenosne opazovalnice Kinometrics PS2- z zapisom črnilom na papir in kratkoperiodnim pasivnim seizmometrom Vegik. V jašek, zgrajen na travniku nad objektom, je bil postavljen seizmometer Vegik, leta 1996 pa Guralp CMG-40T [ARSO 9].



Slika 3.9.3.2.1-2: Potresna opazovalnica Bistrica oz. Bistriški Jarek v Braniku nad Muto (BISS).

Opazovalnica v Bojancih v Beli krajini je bila zgrajena leta 1986. Do leta 1996 je delovala le enokomponentna analogna oprema. Seizmograf so sestavljali vertikalni seizmometer Vegik, seizmografski ojačevalnik SO-03, pisar Kablar I z galvanometrom Astromed ter ura UK-03. Povečava sistema je bila 116600 pri 0,5 s. Leta 1996 je bila oprema opazovalnice dopolnjena s trikomponentnim digitalnim seizmografom podjetja Nanometrics s širokopasovnim trikomponentnim senzorjem Guralp CMG-40T. Seizmograf je bil vključen v državno računalniško omrežje, po katerem je potekal prenos podatkov na centralni računalnik na observatoriju na Golovcu v Ljubljani. V februarju leta 2004 je bila dokončana nova opazovalnica na isti lokaciji (slika 3.9.3.2.1-3). Opazovalnico sestavljata dva jaška. V seizmičnem jašku je nameščen senzor z zajemalno napravo [ARSO 9].

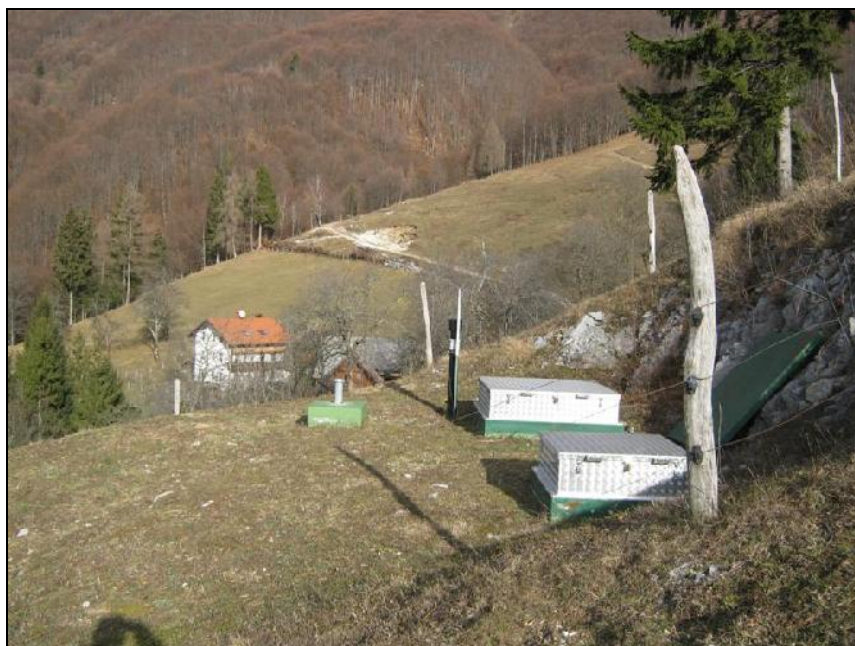


Slika 3.9.3.2.1-3: Potresna opazovalnica Bojanci (BOJS).

Potresna opazovalnica v Čadrgu nad sotesko Tolminke v južnem delu posoških Julijskih Alp je bila dokončana v avgustu leta 2003. Opazovalnico sestavljata dva jaška (slike 3.9.3.2.1-4a–c). V seizmičnem jašku je nameščen senzor z zajemalno napravo, v pomožnem jašku pa brezprekinitveno napajanje in komunikacijska oprema za kontinuiran prenos podatkov po državnem računalniškem omrežju v center za obdelavo podatkov v Ljubljani. Za prenos podatkov je uporabljen širokopasovni ADSL internetni dostop preko IP/MPLS omrežja [ARSO 9].



Slika 3.9.3.2.1-4a: Potresna opazovalnica Čadrg (CADS).



Slika 3.9.3.2.1-4b: Potresna opazovalnica Čadrg [foto: Ž. Komadina, 2011].



Slika 3.9.3.2.1-4c: Potresna opazovalnica Čadrg [foto: Ž. Komadina, 2011].

Potresna opazovalnica na Kogu v Slovenskih goricah je bila dokončana v januarju leta 2004. Opazovalnico sestavljata dva jaška (slika 3.9.3.2.1-5). V seizmičnem jašku je nameščen senzor z zajemalno napravo, v pomožnem jašku pa brezprekinitveno napajanje in komunikacijska oprema za kontinuiran prenos podatkov po državnem računalniškem omrežju v center za obdelavo podatkov v Ljubljani [ARSO 9].



Slika 3.9.3.2.1-5: Potresna opazovalnica Kog v Slovenskih goricah (KOGS).

V Ljubljani (LJU) so instrumenti za beleženje potresov postavljeni v Astronomsko-geofizikalnem observatoriju na Golovcu. Senzorji so nameščeni v kleti stavbe na za to posebej izgrajenih stebrih (slika 3.9.3.2.1-6). Delovati je začela leta 1958. Beleži kratkoperiodne in dolgoperiodne potresne valove na velikih razdaljah ter je del svetovnega omrežja [ARSO 9].



Slika 3.9.3.2.1-6: Potresna opazovalnica Ljubljana –  
Astronomsko-geofizikalni observatorij na Golovcu (LJU).

Potresna opazovalnica Podkum v Stranskem vrhu v Zasavju je bila dokončana v novembru leta 2002. Opazovalnico sestavljata dva jaška (slike 3.9.3.2.1-7a–c). V seizmičnem jašku je nameščen senzor z zajemalno napravo, v pomožnem jašku pa brezprekinitveno napajanje in komunikacijska oprema za kontinuiran prenos podatkov po državnem računalniškem omrežju v center za obdelavo podatkov v Ljubljani [ARSO 9].



Slika 3.9.3.2.1-7a: Potresna opazovalnica Podkum  
v Stranskem Vrhu v Zasavju (PDKS).



Slika 3.9.3.2.1-7b: Potresna opazovalnica Podkum [foto: Ž. Komadina, 2011].



Slika 3.9.3.2.1-7c: Potresna opazovalnica Podkum [foto: Ž. Komadina, 2011].

Potresna opazovalnica v Robiču v Posočju je bila dokončana v novembru leta 2002. Opazovalnica je zgrajena v skalni votlini, v kateri je nameščena oprema (slika 3.9.3.2.1-8): senzor, zajemalna naprava, brezprekinitveno napajanje in komunikacijska oprema za kontinuiran prenos podatkov po državnem računalniškem omrežju v center za obdelavo podatkov v Ljubljani [ARSO 9].



Slika 3.9.3.2.1-8: Potresna opazovalnica Robič v Posočju (ROBS).

Potresna opazovalnica Skadanščina (na sliki 3.9.3.2.1-1 kot Golac) je zgrajena jugovzhodno od Skadanščine, vasi v Matarskem podolju pod Slavnikom. Dokončana je bila v aprilu leta 2006. Opazovalnico sestavljata dva jaška. V seizmičnem jašku sta nameščena senzorja z zajemalno napravo, v pomožnem jašku pa brezprekinitveno napajanje in komunikacijska oprema za kontinuiran prenos podatkov po državnem računalniškem omrežju v center za obdelavo podatkov v Ljubljani. Prenos podatkov poteka po najeti liniji [ARSO 9].



Slika 3.9.3.2.1-9: Potresna opazovalnica Skadanščina pod Slavnikom (SKDS).

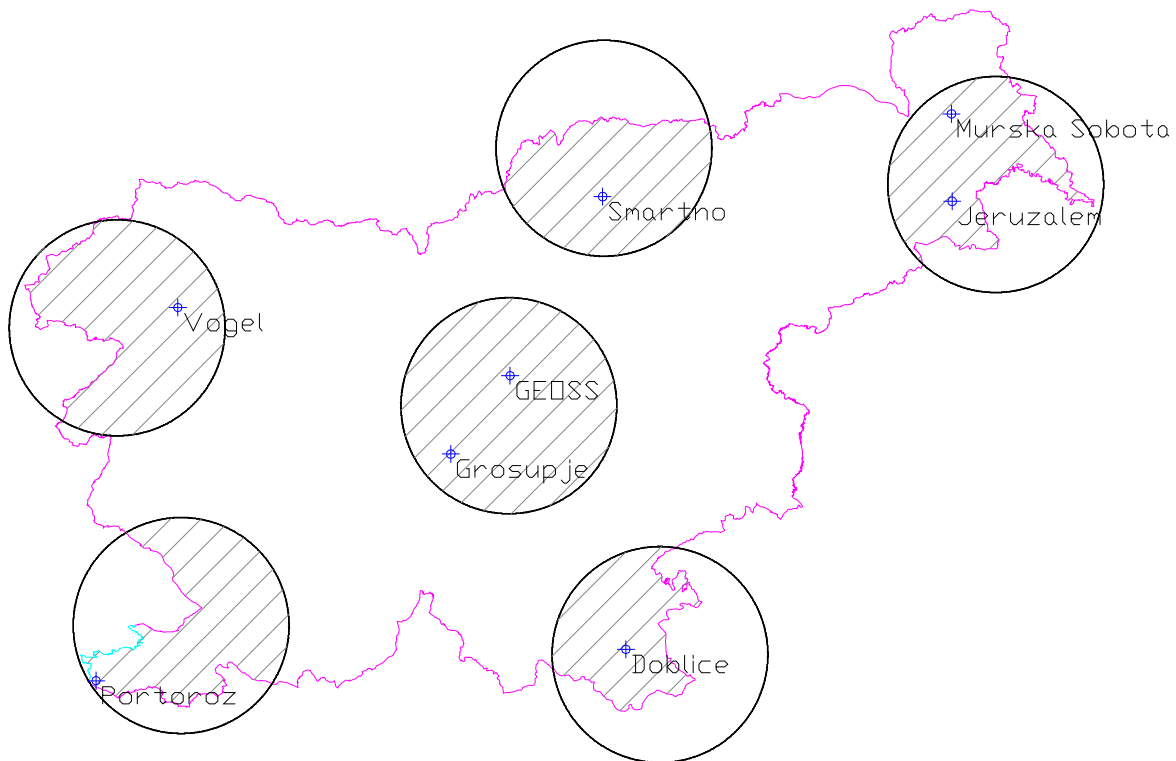
Potresna opazovalnica v Zavodnjah nad Velenjsko kotlino je bila dokončana avgusta leta 2005. Opazovalnico sestavljata dva jaška (slika 3.9.3.2.1-10). V seizmičnem jašku je nameščena zajemalna naprava, senzor pa se nahaja v vrtini. V pomožnem jašku sta brezprekinitveno napajanje in komunikacijska oprema za kontinuiran prenos podatkov po državnem računalniškem omrežju v center za obdelavo podatkov v Ljubljani. Za prenos podatkov je uporabljen širokopasovni satelitski internetni dostop [ARSO 9].



Slika 3.9.3.2.1-10: Potresna opazovalnica Zavodnje nad Velenjsko kotlino (ZAVS).

### 3.9.3.2.2 Ostale zanimive lokacije

Pregled ostalih zanimivih lokacij točk/opazovalnic negeodetskih mrež (glej tudi podpoglavja 1.2.1, 2.3.2 in 2.3.3) znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda je na sliki 3.9.3.2.2-1. Kot zanimive lokacije so prikazane točka GEOSS – geometrično središče Slovenije (glej sliko 1.2.1-2) ter klimatološke postaje z ombrografi v Grosupljem, Dobljčah, Jeruzalemu, Murski Soboti, Portorožu (letališče), Šmartnem pri Slovenj Gradcu in na Voglu (glej slike 2.3.2-1 in 2.3.2-5).



Slika 3.9.3.2.2-1: Ostale zanimive lokacije znotraj predlaganih makrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda.



### 3.9.3.3 Variantni predlogi potencialnih kandidatov za točke kombinirane geodetske mreže med obstoječimi točkami geodetskih in sorodnih mrež

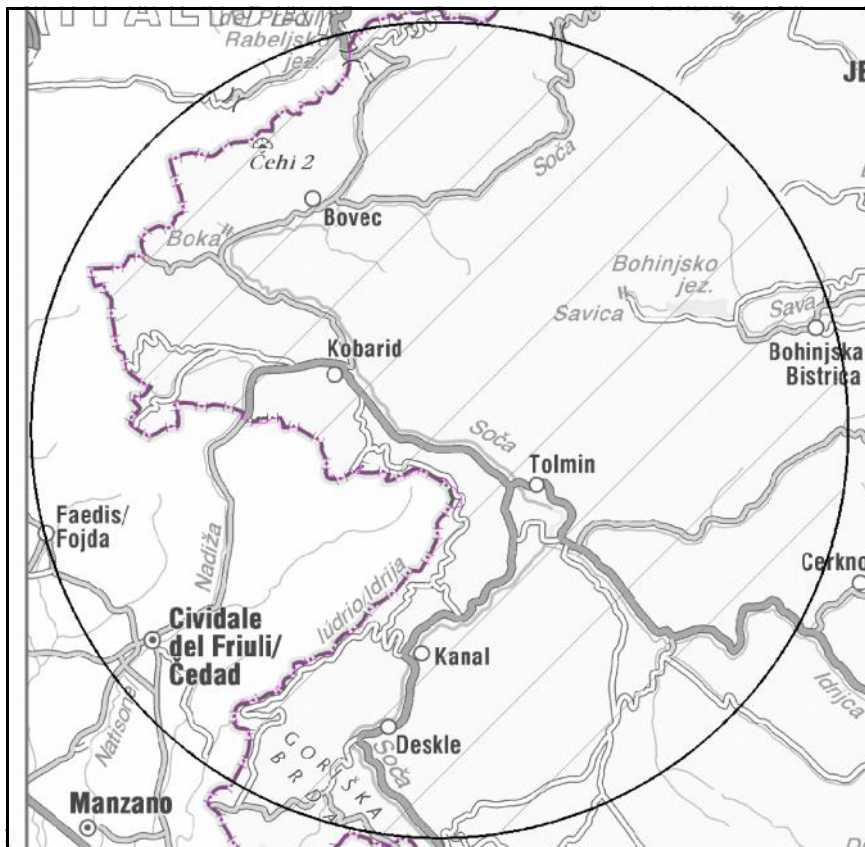
Podan je pregled vseh predlaganih kandidatov za lokacije točk kombinirane geodetske mreže 0. reda med obstoječimi točkami geodetskih in drugih sorodnih mrež (podpoglavja 3.9.3.3.1–3.9.3.2.2). Analiza primernosti posameznih predlaganih lokacij je izvedena v obliki preglednic za vsako posamezno makrolokacijo, in sicer po naslednjih kriterijih:

- lastništvo: + v primeru odkupljenih parcel v lasti države, ministrstev, javnih agencij ipd.,
- dostopnost: + v primeru neproblematičnega dostopa do točke z osebnim vozilom in relativno majhne oddaljenosti od večjega naselja/mesta, ključna je možnost priključitve na nivelmansko mrežo,
- infrastruktura: + v primeru razpoložljivosti priklopa na električno omrežje in telefonsko omrežje oz. internet,
- stabilnost (geološka primernost): + v primeru geološke stabilnosti, torej da ni poseadanj, ni na plazovitem območju, ni na območju z večjimi nihanjem podtalnice, ni v bližini večjih prometnic (tresljaji), ni na strehi stavbe ipd. (npr. obstoječe PP SIGNAL) ipd.; ocena je preliminarna – brez terenskih ogledov in podrobnejših študij (npr. geoloških mnenj ipd.),
- obzorje (možnost izvajanja meritev): + v primeru lokacije na vrhu (neporaščene) vzpetine ali prostrane ravnine, planote, da v bližini ni motečih ovir (stolpov, oddajnikov ipd.), kar je pomembno za GNSS-meritve; velja enako kot zgoraj (preliminarna ocena).

### 3.9.3.3.1 Severozahodna točka mreže

Makrolokacija 1. (severozahodne) točke kombinirane geodetske mreže je določena kot krog polmera 25 km s središčem v točki:

$$y = 396.578 \quad x = 119.653 \quad (\mathbf{Kamno} \text{ v Občini Tolmin}).$$



Slika 3.9.3.3.1-1: Makrolokacija severozahodne točke mreže.

Preglednica obstoječih lokacij in preliminarne ocene ustreznosti po posameznih kriterijih:

Lokacija	Lastništvo	Dostopnost	Infrastruktura	Stabilnost	Obzorje
Kanin – 1. red trian.	–	–	–	+	+
Korada – 1. red trian.	–	–	–	+	+
Rodica – 1. red trian.	–	–	–	+	+
Bovec – SIGNAL	+ <sup>9</sup>	+	+	–	+ <sup>10</sup>
99 reperjev NVN	–	+?	–	+?	+/-
Kluže – 0. red gravi.	–	–	–	+	–
Čadrg – potresna	+	–	+	+	+?
Robič – potresna	+	–	+	+	–
Vogel – klimatol.	+?	–	+?	+	+

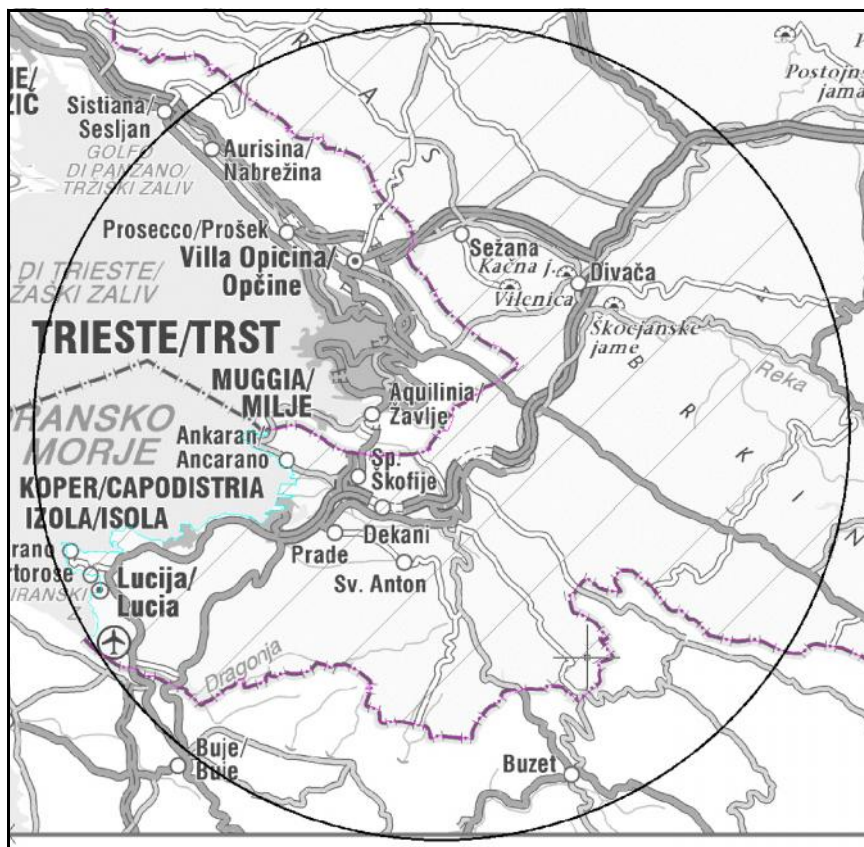
<sup>9</sup> Stavba Policije – MNZ.

<sup>10</sup> Gora na severni strani točke (kar je sicer še najmanj problematično).

### 3.9.3.3.2 Jugo zahodna točka mreže

Makrolokacija 2. (jugo zahodne) točke kombinirane geodetske mreže je določena kot krog polmera 25 km s središčem v točki

$$y = 411.405 \quad x = 50.732 \quad (\text{Socerb v Občini Koper}).$$



Slika 3.9.3.3.2-1: Makrolokacija jugo zahodne točke mreže.

Preglednica obstoječih lokacij in preliminarne ocene ustreznosti po posameznih kriterijih:

Lokacija	Lastništvo	Dostopnost	Infrastruktura	Stabilnost	Obzorje
Malijski – 1. red trian.	-?	+	+?	+	+?
Slavnik – 1. red trian.	-	-	-	+	+
Koper <sup>11</sup> – SIGNAL	+ <sup>12</sup>	+	+	-?	+?
130 reperjev NVN	-	+?	-	+?	+/-
Socerb – 0. red gravi.	-	+	+	+	-
Skadanščina – potr.	+	-	+	+	+?

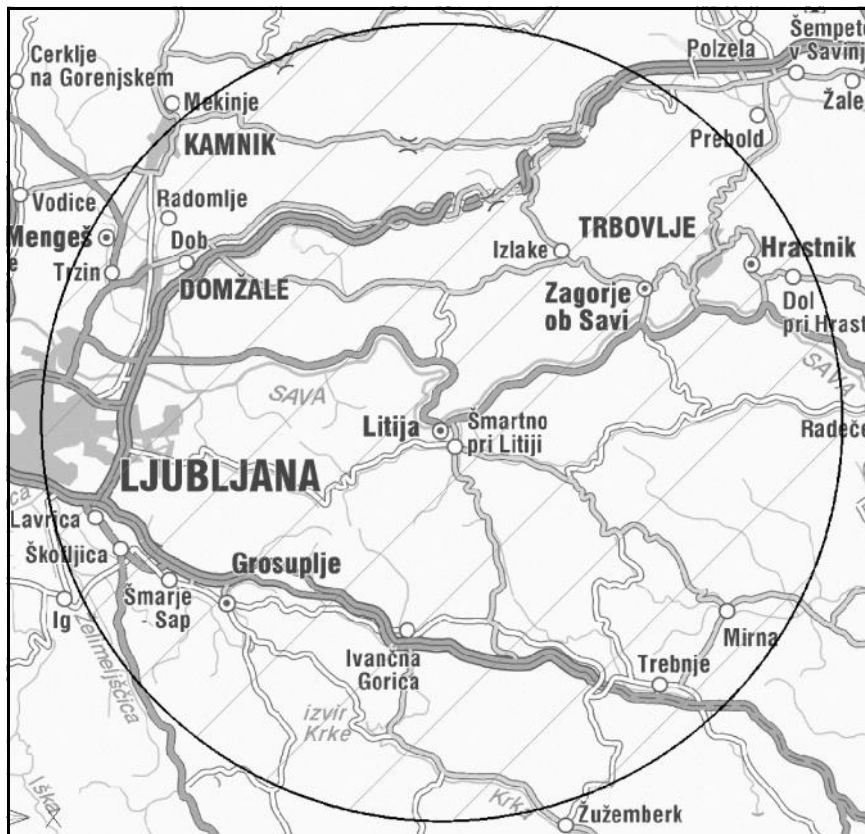
<sup>11</sup> Tudi mareografska postaja.

<sup>12</sup> Lastnik ARSO.

### 3.9.3.3.3 Osrednja točka mreže

Makrolokacija 3. (osrednje) točke kombinirane geodetske mreže je določena kot krog polmera 25 km s središčem v točki

$$y = 487.352 \quad x = 101.618 \quad (\text{Litija, sedež istoimenske občine}).$$



Slika 3.9.3.3-1: Makrolokacija osrednje točke mreže.

Preglednica obstoječih lokacij in preliminarne ocene ustreznosti po posameznih kriterijih:

Lokacija	Lastništvo	Dostopnost	Infrastruktura	Stabilnost	Obzorje
Kucelj – 1. red trian.	-	-	-	+	+
Orljek – 1. red trian.	-	-	-	+	+
Vivodnik – 1. red tri.	-	-	-	+	+
Ljubljana – SIGNAL	-	+	+	-?	-?
Trebnje – SIGNAL	-	+	+	-?	+
61 reperjev NVN	-	+?	-	+?	+/-
Bogenšperk <sup>13</sup> – potr.	-	+	+?	-	-
Ljubljana <sup>14</sup> – potres.	+	+	+	+	-
Podkum – potres.	+	-	+	+	+?
GEOSS	+	+	-	+	-?
Grosuplje – klimatol.	+?	+	+?	+?	+?

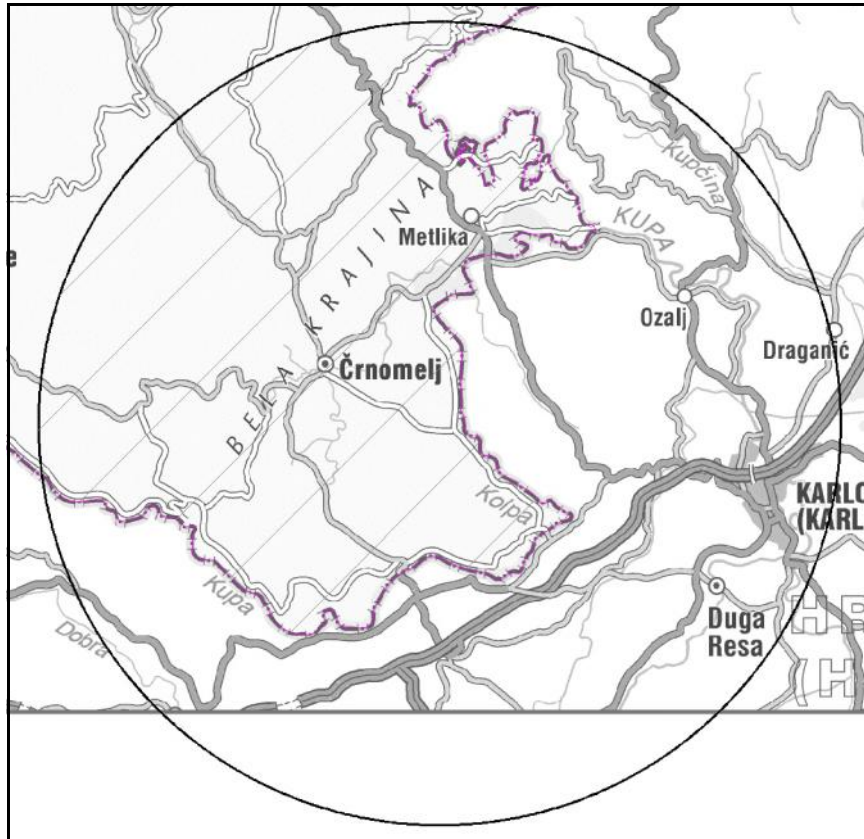
<sup>13</sup> Tudi gravimetrična točka 0. reda; v gradu muzej (z geodetsko zbirko :-).

<sup>14</sup> Na lokaciji astronomsko-geofizikalnega observatorija (na Golovcu).

### 3.9.3.3.4 Jugovzhodna točka mreže

Makrolokacija 4. (jugovzhodne) točke kombinirane geodetske mreže je določena kot krog polmera 25 km s središčem v točki

$$y = 522.373 \quad x = 44.010 \quad (\text{Bedenj v Občini Črnomelj}).$$



Slika 3.9.3.3.4-1: Makrolokacija jugovzhodne točke mreže.

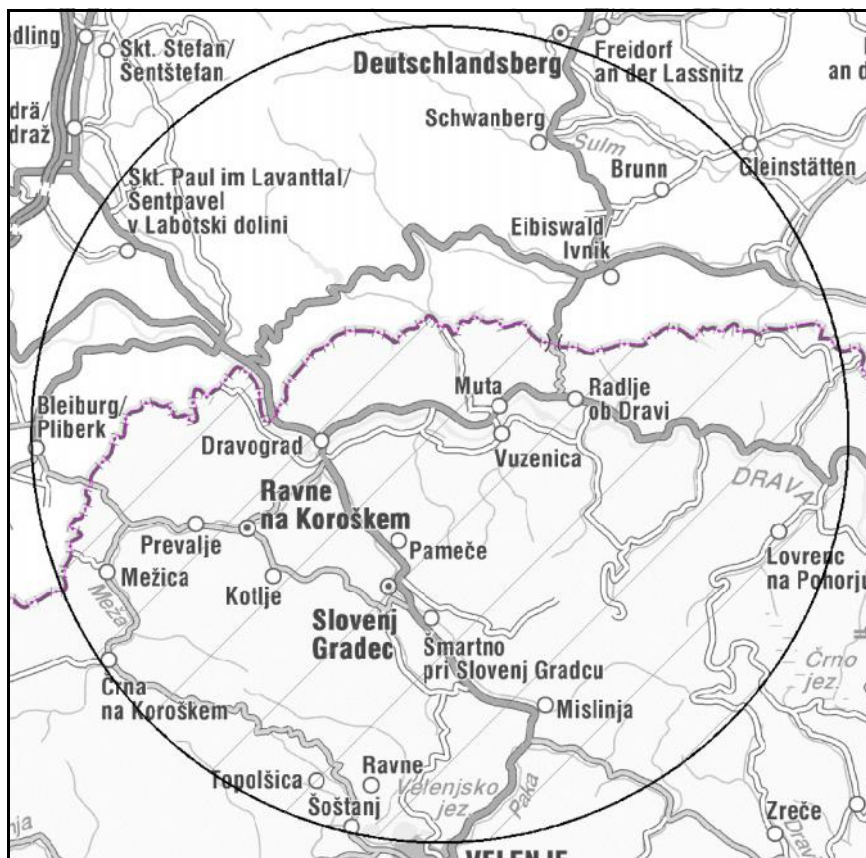
Preglednica obstoječih lokacij in preliminarne ocene ustreznosti po posameznih kriterijih:

Lokacija	Lastništvo	Dostopnost	Infrastruktura	Stabilnost	Obzorje
Debeli vrh – 1. red tr.	-	-	-	+	+
Črnomelj – SIGNAL	-	+	+	-	+
Bojanci – potres.	+	+	+	+	-?
Doblice – klimatol.	+?	+	+?	+?	+?

### 3.9.3.3.5 Osrednja severna točka mreže

Makrolokacija 5. (osrednje severne) točke kombinirane geodetske mreže je določena kot krog polmera 25 km s središčem v točki

$$y = 509.386 \quad x = 161.221 \quad (\text{Trbonje v Občini Dravograd}).$$



Slika 3.9.3.3.5-1: Makrolokacija osrednje severne točke mreže.

Preglednica obstoječih lokacij in preliminarne ocene ustreznosti po posameznih kriterijih:

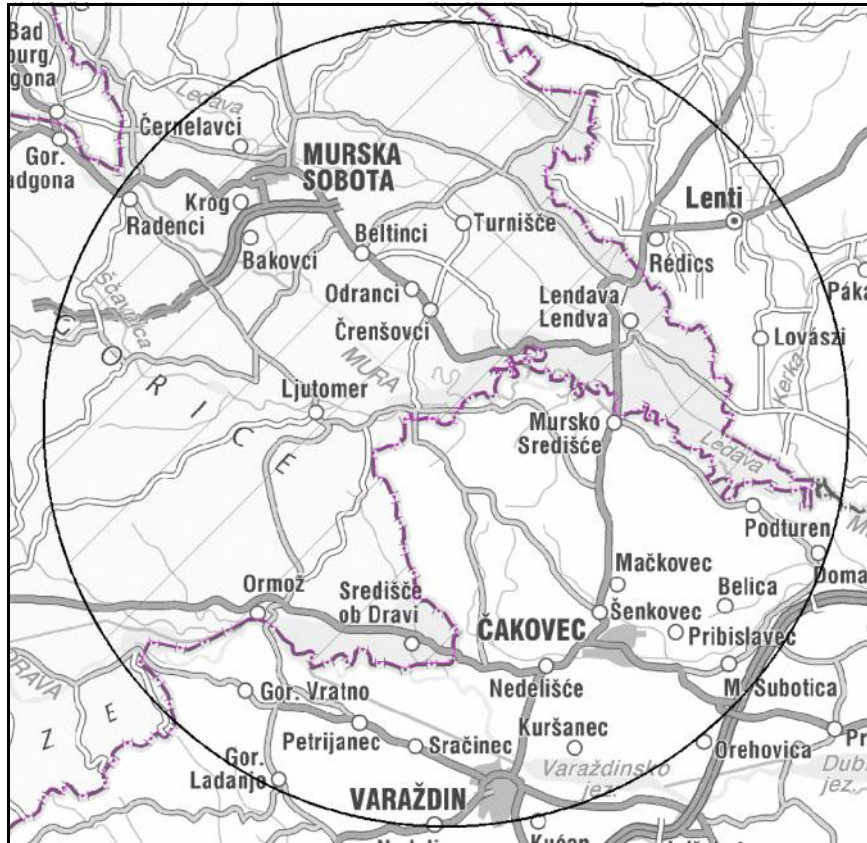
Lokacija	Lastništvo	Dostopnost	Infrastruktura	Stabilnost	Obzorje
Velika Kopa – 1. r. tr.	-	-	-	+	+
Uršlja gora – 1. r. tr.	-	-	-	+	+
S. Gradec – SIGNAL	+ <sup>15</sup>	+	+	-	+?
145 reperjev NVN	-	+?	-	+?	+/-
Bistrica – potres.	+	-?	+	+?	-
Zavodnje – potres.	+	+	+	+	+?
Šmartno – klimatol.	+?	+	+?	+?	+?

<sup>15</sup> Stavba OGU Slovenj Gradec.

### 3.9.3.3.6 Severozahodna točka mreže

Makrolokacija 6. (severovzhodne) točke kombinirane geodetske mreže je določena kot krog polmera 25 km s središčem v točki

$$y = 600.176 \quad x = 152.824 \quad (\text{Gibina v Občini Razkrižje}).$$



Slika 3.9.3.3.6-1: Makrolokacija severovzhodne točke mreže.

Preglednica obstoječih lokacij in preliminarne ocene ustreznosti po posameznih kriterijih:

Lokacija	Lastništvo	Dostopnost	Infrastruktura	Stabilnost	Obzorje
Jeruzalem – 1. red tr.	–	-?	-	+	+
Lend. gorice – 1. r. tr.	–	+	+?	-	+
V. Polana – SIGNAL	- <sup>16</sup>	+	+	–	- <sup>17</sup>
Kog – potresna	+	+?	+	+?	+
Jeruzalem – klimatol.	+?	+	+?	+?	+?
M. Sobota – klimat.	+?	+	+?	+?	+?

<sup>16</sup> Gasilsko društvo, že bili problemi ...

<sup>17</sup> V bližini je bil zgrajen dom za ostarele.

## **4 Faza 4: Priporočila za vzpostavitev kakovostne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture**

*Poglavje 4.1: GI*

*Poglavje 4.2: GI*

*Poglavje 4.3: FGG*

*Poglavje 4.4: FGG*

Obraunavani so kriteriji in priporočila za izbor mikrolokacij točk kombinirane geodetske mreže 0. reda, njihovo postavitve/obeležitev, namestitve merilne opreme in instrumentov ter ureditev lastninskopravnih razmerij. Kriteriji za GNSS-postaje se opirajo na navodila in priporočila za postavitve globalnih in regionalnih omrežij (npr. IGS- in EPN-omrežji), tudi bolj uporabniško usmerjenih (npr. EUPOS-omrežje). Predvsem pa so (tudi za ostale merske tehnike) upoštevani standardi EUREF za postavitve točk ECGN-omrežja. Izhajamo tudi iz dejstva, da je kombinirana geodetska mreža temeljna geodetska in geoinformacijska infrastruktura države in s tem projekt nacionalnega pomena. Omogočala bo vzdrževanje kakovostnega prostorskega referenčnega sistema na dolgi rok, zato je treba zagotoviti tudi njeno ustrezno fizično in zakonsko-pravno (za)varovanje.

### **4.1 Zahteve za točke kombinirane geodetske mreže glede naravnih danosti in razpoložljive infrastrukture**

Zahteve za točke kombinirane geodetske mreže 0. reda se nanašajo predvsem na naslednje dejavnike:

- dostopnost točke,
- razpoložljiva infrastruktura,
- geološka primernost in
- možnost kakovostnega izvajanja meritev.

#### **4.1.1 Dostopnost točke**

Dostopnost točke je eden izmed naravnih dejavnikov, ki vplivajo na primernost mikrolokacije. Pod pojmom dostopnost so tu mišljeni:

- neproblematičen dostop do točke z osebnim vozilom,
- relativno majhna oddaljenost od večjega naselja/mesta – po možnosti od kraja območne geodetske uprave ali geodetske pisarne in
- dostop z blagimi nakloni, ki omogoča niveliranje do točke, tj. priključitev na nivelmansko mrežo.

Dostop z avtomobilom je zahtevan zaradi predvidenih gradbenih del na točki, ki vključujejo dovoz gradbenega materiala in delovnih strojev. Prvi dve alineji (neproblematičen dostop in majhna oddaljenost) sta pomembni tudi zaradi možnosti hitrih intervencij na točki v primeru okvar; intervencija naj bi bila izvedljiva v pol do največ eni uri po javljeni okvari.



## 4.1.2 Razpoložljiva infrastruktura

Infrastrukturo na točki kombinirane geodetske mreže 0. reda lahko obravnavamo v štirih sklopih, in sicer:

- prometna infrastruktura,
- energetska infrastruktura,
- komunikacijska infrastruktura in
- komunalna infrastruktura.

Prometna infrastruktura mora zagotavljati nemoten dostop do točke, pa tudi možnost niveliranja do točke (glej podpoglavje 4.1.1). Poleg tega (fizično) omogoča samo postavitve točke (izvedba gradbenih in ostalih obrtniških del) in njeno redno vzdrževanje. Zahtevan je torej dostop po javni poti/cesti – po možnosti asfaltirani. Poleg samega dostopa je zahtevana tudi možnost občasnega parkiranja vsaj enega osebnega vozila v neposredni bližini točke (na oddaljenosti do 100 m).

Po drugi strani se je treba izogibati bližini večjih prometnic, kot so avtoceste, železniške proge, letališča ipd., saj lahko moteče vibracije (zaradi obremenitev in hrupa) vplivajo na kakovost meritev (npr. gravimetrija, niveliranje, magnetometrija).

Energetska infrastruktura se nanaša na možnost priklopa na javno električno omrežje. Razpoložljivost električne energije je nujna za nemoteno delovanje občasno in stalno delujočih merilnih instrumentov (GPS-sprejemniki, vremenske opazovalnice ipd.), pomožne strojne opreme in ostalih porabnikov (npr. UPS-enota, pomnilniške enote, klimatska naprava, polnilci baterij, svetila, prenosni računalnik ipd.). Možnost priklopa na električno omrežje je zaželeno tudi zaradi lažje izvedbe postavitve točke (izvedba gradbenih in ostalih obrtniških del).

Po drugi strani se je treba izogibati bližini visokonapetostnih daljnovodov, ki lahko vplivajo na kakovost meritev (npr. GNSS, magnetometrija).

Energetske zahteve za GNSS-opremo (ocena):

### Poraba energije

Sprejemnik: 4,8 W

Modem+usmerjevalnik: do 50 W

Napajalnik: 50 W

UPS: do 500 W

### Skupaj: do ~600 W

Dodatno je treba upoštevati porabo meteorološke postaje, morebitne klimatske naprave ipd. Kot dodaten vir energije (v primeru izpadov) je na točki priporočljiva namestitev sončnega kolektorja (solarne postaje), glej sliko 4.2.3-1.

Komunikacijska infrastruktura je nujna za povezavo stalno delujočih merilnih instrumentov na točki (npr. GPS-sprejemnika) s centrom, ki upravlja z omrežjem – upravljanje na daljavo; omogoča tudi sprotni prenos podatkov o izvedenih meritvah (opazovanja) v center in s tem možnost izvajanja lokacijskih in drugih storitev v realnem času. Sprotno pošiljanje podatkov je tudi zahteva za vključitev postaj v evropska omrežja (EPN, ESEAS). Zahtevana je možnost priklopa na telefonsko omrežje (ADSL, možnost internetne povezave). Zaželena je možnost priključitve na kabelsko omrežje (optični kabel).

Kot alternativna možnost je zahtevano pokritje z GSM-signalom vsaj enega izmed operaterjev mobilne telefonije.

Po drugi strani se je treba izogibati bližini oddajnikov mobilne telefonije in drugih podobnih telekomunikacijskih objektov in naprav, ki lahko z interferenco signalov vplivajo na kakovost meritev (npr. GNSS).

Zahteve glede prenosa podatkov GNSS-opazovanj (ocena):

**Povprečen pretok podatkov**

GPS: do 0,65 kB/s

GPS+GLONASS: do 1,1 kB/s

**Skupaj z rezervo (krat 3): do ~3 kB/s**

Dodatno je predviden še prenos meteoroloških podatkov, kar pa je glede na količino le-teh zanemarljivo.

Komunalna infrastruktura je najmanj problematičen dejavnik izbora točke. Zaželen je sicer dostop do vodnega vira, ki bi olajšal izvedbo gradbenih in vzdrževalnih del.

Po drugi strani pa se je treba izogibati bližini večjih objektov in naprav komunalne infrastrukture, kot so vodna zajetja in zbiralniki, rezervoarji pitne ali odpadnih voda, čistilne naprave in podobno, saj lahko različni nivoji vode v njih vplivajo na rezultate meritev (npr. gravimetrija).

### 4.1.3 Geološka primernost

Geološka primernost mikrolokacije za točko kombinirane geodetske mreže 0. reda obsega:

- geološko opredeljenost tektonske (mikro)plošče, na kateri se točka nahaja – točke naj bi služile tudi raziskavam geotektonike državnega ozemlja; zaželeno je, da točka ni na robu dveh tektonskih plošč ...
- položajno in višinsko stabilnost povezano s periodičnimi vplivi (temperatura, tlak, padavine, podtalnica); točka ne sme biti na plazovitem območju,
- odsotnost tresenja tal, ki je trajnega značaja in se prenaša po tleh ali po zraku (bližina prometnic, letališč ipd.) ali občasno (bližina kamnolomov, rudnikov ipd. z občasnim miniranjem) ...

Zahtevana je torej lokalna geološka stabilnost terena, tako v horizontalnem kot tudi v višinskem smislu [Horváth in sod., 2008]. Mikrolokacija naj ne bi bila na sami tektonski prelomnici. Pomembno je, da teren ni plazovit in da se ne poseda. Lokacija mora biti odporna na tresljaje oziroma naj virov le-teh ne bi bilo v bližini (glej tudi § 4.1.2). Točka ne sme biti na nedavnem gradbišču ali nasutju. Za samo stabilizacijo točke je idealna živa skala. Paziti je treba tudi na prisotnost podtalnice in predvsem na morebitna nihanja nivoja le-te. Za končno izbiro mikrolokacije je potrebno pozitivno geološko mnenje.

Zaželena je tudi geološka primernost točke za izvajanje meritev z magnetometrom, vendar to ni primarni kriterij izbora mikrolokacije.

Ključni vplivni dejavniki so:

- tektonska plošča/mikro-plošča,
- tip/tipi terena oziroma geološke plasti terena – geološka struktura,
- poroznost in hidrološke lastnosti terena, podtalnica,
- morebitni zdrsi med geološkimi plastmi, plazovitost,

- relief v neposredni okolici,
- bližina prometnih poti, kamnolomov ali rudnikov,
- ipd.

#### 4.1.4 Možnost izvajanja meritev

Možnost izvajanja meritev je eden izmed ključnih kriterijev za izbor mikrolokacije za točko kombinirane geodetske mreže 0. reda. Posebej lahko obravnavamo naslednje vrste geodetskih meritev:

- GNSS-meritve na referenčni točki,
- niveliranje do referenčne točke in znotraj mikromreže,
- klasična Hz-izmera znotraj mikromreže,
- gravimetrične meritve na referenčni točki,
- mareografske meritve na referenčni točki,
- magnetometrične meritve na referenčni točki,
- merjenje meteoroloških parametrov na referenčni točki.

##### GNSS-meritve na referenčni točki

Za nemoteno in kakovostno GNSS-izmero na referenčni točki je nujno zagotoviti:

- čimbolj odprt horizont (zaželeno vidnost neba nad višinskim kotom  $5^\circ$  [Horváth in sod., 2008], zaželeno tudi nižje, celo pod horizontom, predvsem na južni strani neba), kar zahteva:
  - primeren relief v neposredni pa tudi širši okolici referenčne točke,
  - odsotnost visoke vegetacije v bližini referenčne točke (gozd, visoka drevesa in grmovje) ter
  - odsotnost višjih objektov v neposredni bližini referenčne točke,
- odsotnost virov elektromagnetnega valovanja, ki lahko povzročajo motnje v sprejemu GNSS-signalov zaradi interference (npr. visokonapetostni daljnovodi, transformatorske postaje, radijski in televizijski oddajniki in pretvorniki, radarske postaje, oddajniki in pretvorniki GSM-omrežij ipd.),
- odsotnost večjih ravnih površin v neposredni bližini referenčne točke, ki bi lahko povzročale odboj GNSS-signalov in s tem pojav večpotja/multipatha (ravne utrjene ali vodne površine, kovinske strehe, steklene stene ipd.).

Primernost izbrane mikrolokacije za permanentna GNSS-opazovanja je treba preveriti z izvedbo testnih meritev. Priporočena je vsaj 24-urna serija opazovanj in analiza rezultatov, ki se po potrebi ponovi. Preveri se:

- popolnost opazovanj, morebitne prekinitve, manjkajoče epohe (posebej L2), kar bi lahko bila posledica motečih izvorov elektromagnetnega valovanja,
- kvaliteta opazovanj (SNR) in pojav multipatha,
- kvantiteta opazovanj; odprtost horizonta – tvorba t. i. »station horizon mask«, glej sliko 1.2.3-1.

Pri sami izvedbi postavitve GNSS-antene na referenčni točki je treba zagotoviti možnost neprekinjenega kakovostnega izvajanja meritev tudi v oteženih razmerah, zato je treba v odvisnosti od podnebnih razmer na mikrolokaciji premisliti in najti

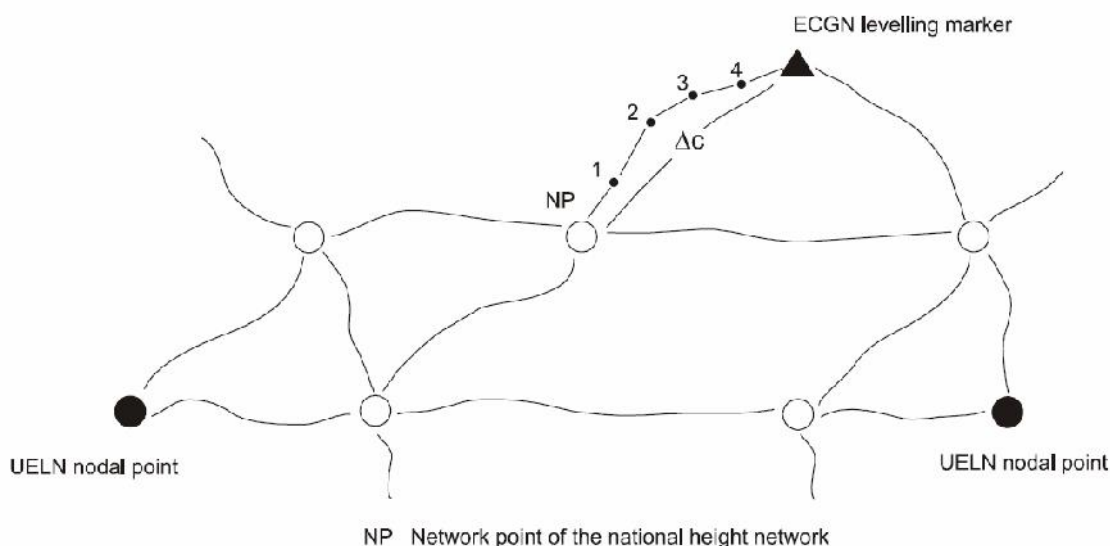
ustrezne rešitve za problematiko snežnih padavin, pojava žleda, vetrovne razmere, nevarnost udara strele in podobno.

### Niveliranje do referenčne točke in znotraj mikromreže

Pogoj za povezavo točke kombinirane geodetske mreže 0. reda z NVN je primeren dostop do točke. Zaželeno je torej manjša nadmorska višina (nekje do 500 m, pri čemer so bolj pomembni nagibi kot sama višina), pa tudi ne prevelika oddaljenost od poligonov NVN; glej tudi podpoglavje 4.1.1.

Zaradi lažje vzpostavitve višinske mikromreže na mikrolokaciji je zaželeno, da neposredna okolica referenčne točke ni na preveč nagnjenem terenu (strmo pobočje) ter da teren ni preveč valovit. Poleg določitve lokacij točk višinske mikromreže je treba vnaprej predvideti tudi lokacije stojišč nivelirja za vsak par točk v mikromreži.

Za vključitev točke kombinirane geodetske mreže 0. reda v ECGN je predvidena naslednja shema navezave – slika 4.1.4-1:



Slika 4.1.4-1: Višinska navezava ECGN-točke [EUREF 5].

### Klasična Hz-izmera znotraj mikromreže

Za izvedbo klasična izmere horizontalne mikromreže je treba zagotoviti možnost vzpostavitve mreže točk v neposredni okolici, ki bodo vidne tako z referenčne točke kot tudi med seboj. Paziti je treba tudi na morebiten pojav bočne refrakcije, torej da v bližini nobene izmed vizur ni motečih objektov/ovir. Zahtevana je medsebojna vidnost vseh referenčnih in ostalih točk mikromreže z vsake izmed teh točk. Pri tem je treba upoštevati izvedbo meritev s tarčami i uporabo prisilnega centriranja. Upoštevati je treba tudi pravila glede oblike/geometrije mikromreže in zagotavljanja čimvečje občutljivosti opazovanj na pojav grobih pogrškov.

### Gravimetrične meritve na referenčni točki

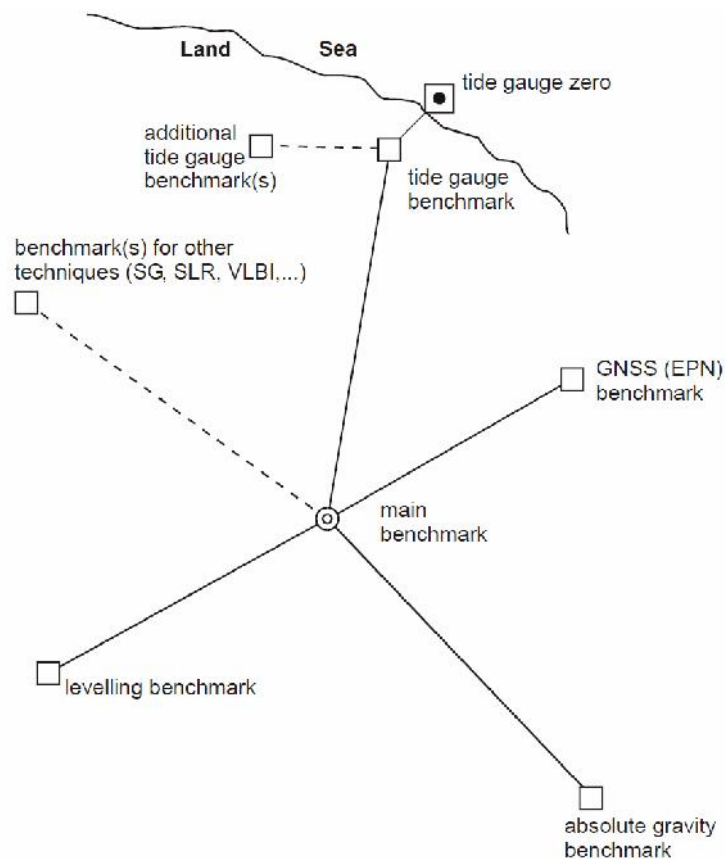
Na kakovost gravimetričnih meritev vpliva več dejavnikov, ki so bili obravnavani v podpoglavju 4.1.3 – Geološka primernost. Podobno kot za GNSS-meritve je primernost izbrane mikrolokacije za permanentna gravimetrična opazovanja treba preveriti z izvedbo testnih meritev. Postavitev permanentne gravimetrične točke sicer zaenkrat ni predvidena, je pa treba zagotoviti možnost njene naknadne postavitve. Namestitev merilnega sistema absolutnega gravimetra je prikazana na sliki 2.1.3-1. Zahteva zaprt prostor, vkopan v zemljo, masivno temeljenje in kakovostno izolacijo.

### Mareografske meritve na referenčni točki

Predvidoma naj bi bila ena izmed točk kombinirane geodetske mreže 0. reda tudi mareografska postaja. Predlog je, da bi bila to obstoječa, 2005 posodobljena [Strojan, 2006] mareografska postaja Koper, ki je pod ID 1009 vključena v Permanent Service for Mean Sea Level – PSMSL

(<http://www.psmsl.org/data/obtaining/stations/1009.php>).

Posebej pomembno je za tovrstna opazovanja zagotoviti dolgoročno stabilnost referenčne točke v vertikalnem smislu. Na kakovost mareografskih meritev torej vpliva več dejavnikov, ki so bili obravnavani v podpoglavju 4.1.3 – Geološka primernost. Pomembna je še primerna umestitev točke v smislu varovanja pred valovi. Stabilnost referenčne točke na dolgi rok je treba periodično preverjati s ponavljalnimi meritvami v višinski mikromreži, ki ima v primeru mareografske postaje še dodatne funkcije in je njena izvedba nekoliko specifična, glej npr. [Stopar in sod., 2006], [Stopar in sod., 2007], [Savšek Safić in sod., 2008]. ECGN-standardi za mareografsko postajo predvidevajo shemo za mikromrežo, ki je prikazana na sliki 4.1.4-2:



Slika 4.1.4-2: Mikromreža za mareografsko postajo v ECGN [EUREF 4].

### Magnetometrične meritve na referenčni točki

Za zagotovitev možnosti izvajanja magnetometrije na točki kombinirane geodetske mreže 0. reda (predvidoma ena izmed točk) mora biti mikrolokacija izbrana na kraju brez magnetnih motenj umetnega izvora. Poleg tega morajo biti pri gradnji stebrov referenčnih točk in pomožnih objektov (tudi zaščitne ograje) ter namestitvi merilnih instrumentov in ostalih naprav uporabljeni nemagnetni materiali [Čop, 2011].

### Merjenje meteoroloških parametrov na referenčni točki

Zaradi možnosti določitve in upoštevanja meteoroloških popravkov pri izvedbi najnatančnejših meritev na točkah kombinirane geodetske mreže 0. reda je predvidena tudi postavitve meteorološke opazovalnice. Pri tem je treba zagotoviti pogoje za izvajanje meteoroloških opazovanj na izbrani mikrolokaciji. Predvideno je stalno spremljanje najbolj osnovnih parametrov (temperatura, zračni tlak, relativna vlažnost zraka).

Za morebitno vključitev tudi v skupni evropski projekt European Combined Geodetic Network – ECGN (predvidoma vsaj ena točka kombinirane geodetske mreže 0. reda) je treba zagotoviti stalna/permanentna opazovanja GNSS in meteoroloških parametrov, na obmorskih postajah pa seveda tudi plimovanja morja [EUREF 1]:

ECGN is the frame for the integration of spatial reference and the gravity field, the guiding principle consisting in making available time series of the methods to be combined on all stations involved especially.:

- Position through GNSS (GPS/GLONASS, GALILEO) with  $10^{-9}$  and better
  - Gravity (absolute gravity measurements) with microGal
  - Gravity field-related heights (linkage of levelling to the EVRS) with 1mm/km
- permanent,  
- repeated,  
- repeated.

On some selected stations the following data should be acquired in addition:

- Ocean tides and sea level changes (tide gauges at the European coast lines)
  - High-frequency gravity variations (measurements by means of super conducting gravimeter)
  - Vapour concentration in the atmosphere (vapour radiometer)
- permanent,  
- permanent,  
- permanent.

Supplementary:

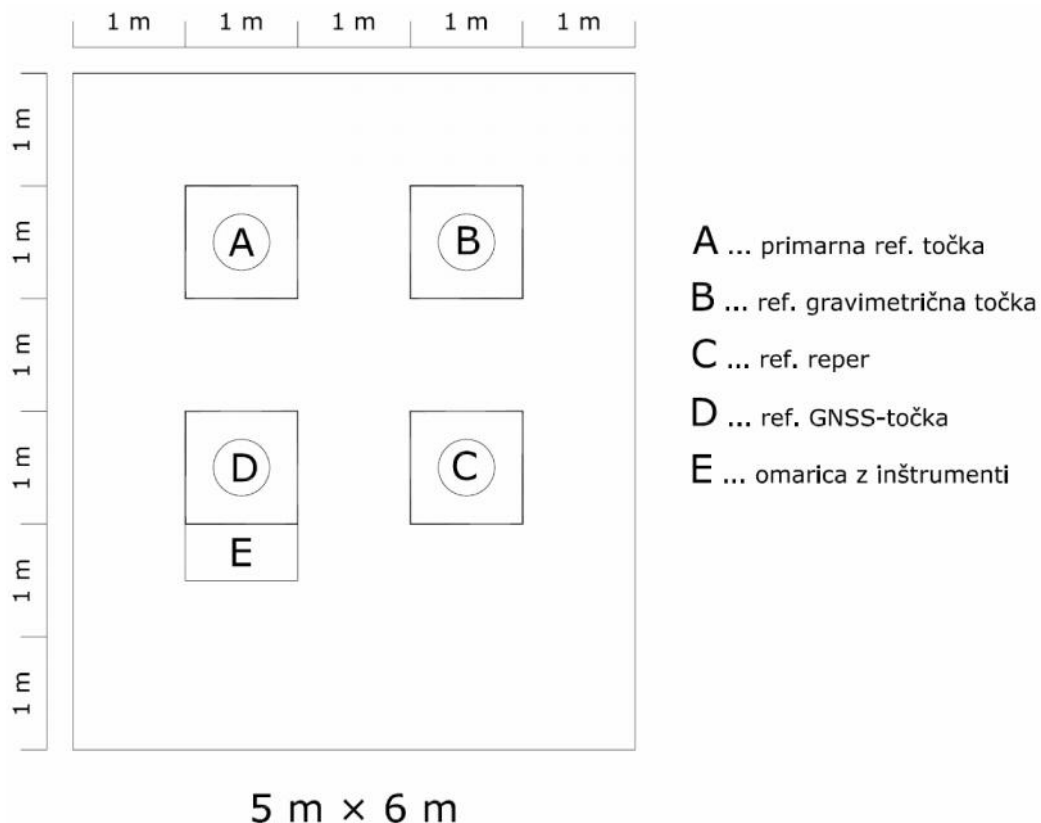
- Meteorological parameters
  - Eccentricities, local control network
  - Groundwater gauges
- permanent,  
- repeated,  
- permanent.

## 4.2 Zahteve za postavitve točk kombinirane geodetske mreže in ureditev lastninskopravnih razmerij

Obravnavane so zahteve za postavitve točk kombinirane geodetske mreže 0. reda, ki se nanašajo na obliko in velikost zemljišča za postavitve/obeležitev referenčnih točk in namestitve merilne opreme in instrumentarija ter zahteve glede ureditve lastninskopravnih razmerij na mikrolokaciji.

### 4.2.1 Zahteve glede velikosti zemljišča

Shematski prikaz razporeditve referenčnih točk vsake točke 0. reda je na sliki 3.2-1. Shema vključuje tudi točke zavarovalne (horizontalne in višinske mreže). Na sami parceli postaje so torej praviloma po štiri referenčne točke (lahko tudi več). Če bi bile na ločenih stebrih na medsebojnih oddaljenostih vsaj 2 m, bi te skupaj z omarico za mersko opremo in instrumente zasedale vsaj parcelo velikosti 5 m × 6 m = 30 m<sup>2</sup> – glej sliko 4.2.1-1:



Slika 4.2.1-1: Minimalna velikost parcele ob postavitvi štirih ločenih referenčnih točk.

Razdalje med posameznimi referenčnimi točkami na sliki 4.2.1-1 so 2 m (A–B, B–C, C–D in A–D) oziroma 2,8 m (A–C in B–D). Vse referenčne točke so hkrati del mikromrež (Hz in V), ki morata biti planirani tako, da je hkrati zagotovljena medsebojna vidnost vseh točk z vsake točke mreže. Vse referenčne točke morajo biti natančno določene tako v horizontalnem kot tudi v vertikalnem smislu. Za vse ostale referenčne točke morajo biti določeni elementi ekscentricitet glede na primarno referenčno točko.

Na sliki 4.2.1-1 ni prikazana postavitve referenčne točke za merjenje višine morja (mareografska postaja) in referenčne točke za magnetometrične meritve. Obe naj bi bili vključeni v le po eno izmed mikrolokacij (vendar ne obe na isti mikrolokaciji).

V primeru združevanja dveh ali več referenčnih točk na istem stebru bi bilo mogoče velikost parcele še nekoliko zmaljšati – v skrajnem primeru (združevanje vseh referenčnih točk na istem stebru) bi bilo mogoče vse skupaj spraviti na relativno majhen prostor  $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ , seveda pa je treba zagotoviti tudi ustrezen dostop do točke in možnost izvajanja meritev. Veliko je odvisno tudi od razmer na sami mikrolokaciji (nagib terena, dostop, oblika parcele).

Vsekakor je zelo smiselno fizično združiti referenčni reper in referenčno gravimetrično točko. Primer združevanja referenčnih točk na istem stebru je tudi ekscentrična postavitve GNSS-antene, ki ni nujno na sami (primarni) referenčni točki – slika 4.2.1-2.



Slika 4.2.1-2: Primer ekscentrične namestitve GNSS-antene.

Nekje na parceli, praviloma poleg stebra bo stala manjša pokrita in dovolj izolirana omarica z geodetskimi instrumenti in opremo. Omarica obstoječe stalne postaje v omrežju SIGNAL, ki je nameščena v zaprtem prostoru, je prikazana na sliki 4.2.1-3.





Slika 4.2.1-3: Razsežnosti omarice (za GPS) so okoli 70 cm × 30 cm × 70 cm.

Glede na opisano razporeditev je torej ob optimalnih danostih (ravnina ali blag nagib terena, enostaven dostop, brez motečih objektov ipd.) priporočljiva velikost parcele za odkup 5 m × 6 m; v primeru drugačne oblike parcele je za štiri stebre z referenčnimi točkami parcela večja, v primeru združevanja večih referenčnih točk na skupnem stebru se lahko velikost parcele tudi še zmanjša, vendar naj vsekakor ne bi bila manjša od 3 m × 3 m. Točke mikromreže (Hz- in višinske) – predvidoma štiri – se postavijo v neposredni okolici, vendar ne na odkupljeni parceli. Zanje je treba urediti služnost.

Zemljišče mora biti zaščiteno z ograjo, ki preprečuje nepooblaščen dostop do referenčnih točk, merilnih instrumentov in opreme. V primeru predvidene magnetometrične referenčne točke je treba poskrbeti, da bodo za ograjo uporabljeni nemagnetni materiali.

Priporočila glede postavitve/obeležitve referenčnih točk in točk mikromreže (stabilizacija točk) na mikrolokaciji so podana v podpoglavjih 3.2–3.8.

#### 4.2.2 Zahteve glede ureditve lastninskopravnih razmerij

S stališča urbanistične ureditve in lastninskopravnih razmerij so pogoji za mikrolokacijo točke kombinirane geodetske mreže 0. reda predvsem:

- možnost pridobitve (odkupa) zemljišča ustrezne velikosti (glej podpoglavje 4.2.1),
- možnost ureditve služnostnih pravic za postavitve točk mikromrež (horizontalne in višinske) in izvedbo občasnih meritev v okviru mikromreže na točki ter (po potrebi) za dostop do točke
- možnost izvedbe predvidenih posegov v prostor, torej pridobitve gradbenega dovoljenja oziroma izvedba priglasitve del za stabilizacijo referenčnih točk in fizično zaščito (postavitev ograje) ali pa
- možnost sklenitve sporazuma za (so)uporabo in delitev stroškov na zemljišču, ki je že v lasti RS, vendar ni v upravljanju Geodetske uprave RS.

Predhodno je treba preveriti, ali je na izbrani lokaciji glede na obstoječo urbanistično ureditev (dovoljeni posegi v prostor) takšno točko – glede na predvidene zahteve – sploh dovoljeno postaviti. Preveriti je treba predvsem:

- morebitne režime varovanja naravne in kulturne dediščine (narodni parki, krajinski parki, zaščiteni ekosistemi ipd.),
- vodovarstvena območja,
- zaprta vojaška ali policijska območja (vadbišča, sterelišča ipd.) in
- vse druge prostorske omejitve.

**Za zemljišče, ki je že v lasti RS**, je treba preveriti pripravljenost upravljalca zemljišča (predvidoma gre za obstoječe sorodne opazovalnice, kot so seizmološke, meteorološke, geomagnetne in astronomske opazovalnice), da:

- sklene sporazum o (so)uporabi predmetnega zemljišča za namen postavitve geodetske točke ter o razumni delitvi stroškov (električni in telefonski priključek, vzdrževanje infrastrukture in ostali stroški).

Poleg tega je treba v takšnem primeru preveriti pripravljenost lastnikov okoliških zemljišč (če to ni RS), da:

- dovolijo na zemljišču v neposredni bližini parcele postaviti še (na dogovorjenih mestih) točke mikromreže (predvidoma štiri) in
- z Geodetsko upravo RS sklenejo dogovor glede služnostnih pravic za točke mikromreže, kar vključuje dovoljenje za občasno izvajanje meritev na točkah mikromreže, pri čemer je poskrbljeno za minimalno možno motenje posesti.

**Za zemljišče, ki ni v lasti RS**, je najprej treba preveriti pripravljenost lastnika, da:

- proda Geodetski upravi RS dotično zemljišče za namen postavitve geodetske točke in da je ponujena cena sprejemljiva,
- dá soglasje za predvideno komunalno opremo zemljišča (električni in telefonski priključek),
- dovoli na zemljišču v neposredni bližini odkupljene parcele postaviti še (na dogovorjenih mestih) točke mikromreže (predvidoma štiri),

- z Geodetsko upravo RS sklene dogovor glede služnostnih pravic za točke mikromreže, kar vključuje dovoljenje za občasno izvajanje meritev na točkah mikromreže ter (po potrebi – odvisno od umestitve zemljišča glede na javne poti) za dostop do parcele na kateri bo geodetska točka, in sicer za potrebe gradbenih in vzdrževalnih del ter za potrebe izvajanja meritev.

Zaželeno je, da je lastnik izbranega zemljišča tudi lastnik okoliških zemljišč, kjer naj bi postavili točke mikromreže. V kolikor temu ni tako, je treba ustrezne dogovore skleniti tudi z lastniki teh zemljišč, vendar se velja takšnim primerom, če je le mogoče, izogniti.

Predviden je tudi postopek zakonske zaščite točk kombinirane geodetske mreže 0. reda (najbolje z izrecno navedbo lokacij/parcel posameznih točk), in sicer v okviru ustreznega zakona o geoinformacijski infrastrukturi. Zaščita bo vključevala opredelitev določenih omejitev pri posegih v prostor na lokaciji in v neposredni okolici teh točk, ki bodo preprečevali poškodovanje in uničenje teh točk in njihovo nemoteno uporabo za predvidene namene, vključno z izvajanjem meritev na teh točkah.

### 4.2.3 Zahteve glede merilnih instrumentov in opreme

Med stalno nameščenimi in delujočimi merilnimi instrumenti so predvideni GNSS-sprejemnik z anteno in instrumenti za meteorološke meritve. Na eni izmed točk je predvidena tudi mareografska postaja. Ker bo to vlogo predvidoma prevzel že obstoječi mareograf Koper, zahteve za mareografska opazovanja tu niso posebej obravnavane. Na dolgi rok naj bi bila predvidoma na centralni točki mreže (geodetski observatorij) možna tudi namestitev absolutnega gravimetra.

#### GNSS-instrument in oprema

Za točke kombinirane geodetske mreže 0. reda je predviden kakovosten geodetski GNSS-sprejemnik. Zahtevane karakteristike GNSS-sprejemnika in -antene so:

- GPS + GLONASS sprejemnik, ki zadošča kriterijem za EPN-postajo – glej Guidelines for EPN Stations and Operational Centres [EUREF 7, str. 4]
- Antena z zaščito pred vplivi večpotja (choke ring multipath protection), ki zadošča kriterijem za EPN-postajo – glej Guidelines for EPN Stations and Operational Centres [EUREF 7, str. 5]



Slika 4.2.3-1: Shema GNSS-postaje.

Poleg navedenih kriterijev za EPN-omrežje, ki je namenjeno bolj znanstvenim raziskavam, je zaželeno, da GNSS-oprema zadosti tudi kriterijem bolj uporabniško naravnemu EUPOS-omrežju – glej Guidelines for Single Site Design, Version 2.1 [Horváth in sod., 2008].

#### Meteorološki instrumenti

Meteorološka postaja mora omogočati samodejni zajem meteoroloških parametrov na vsakih 30 minut. Predvideni meteorološki parametri za zajem so:

- temperatura zraka
- relativna vlažnost
- hitrost vetra

- smer vetra
- zračni tlak



Slika 4.2.3-2: Avtomatska vremenska postaja.

## 4.3 Zavarovanje točk kombinirane geodetske mreže

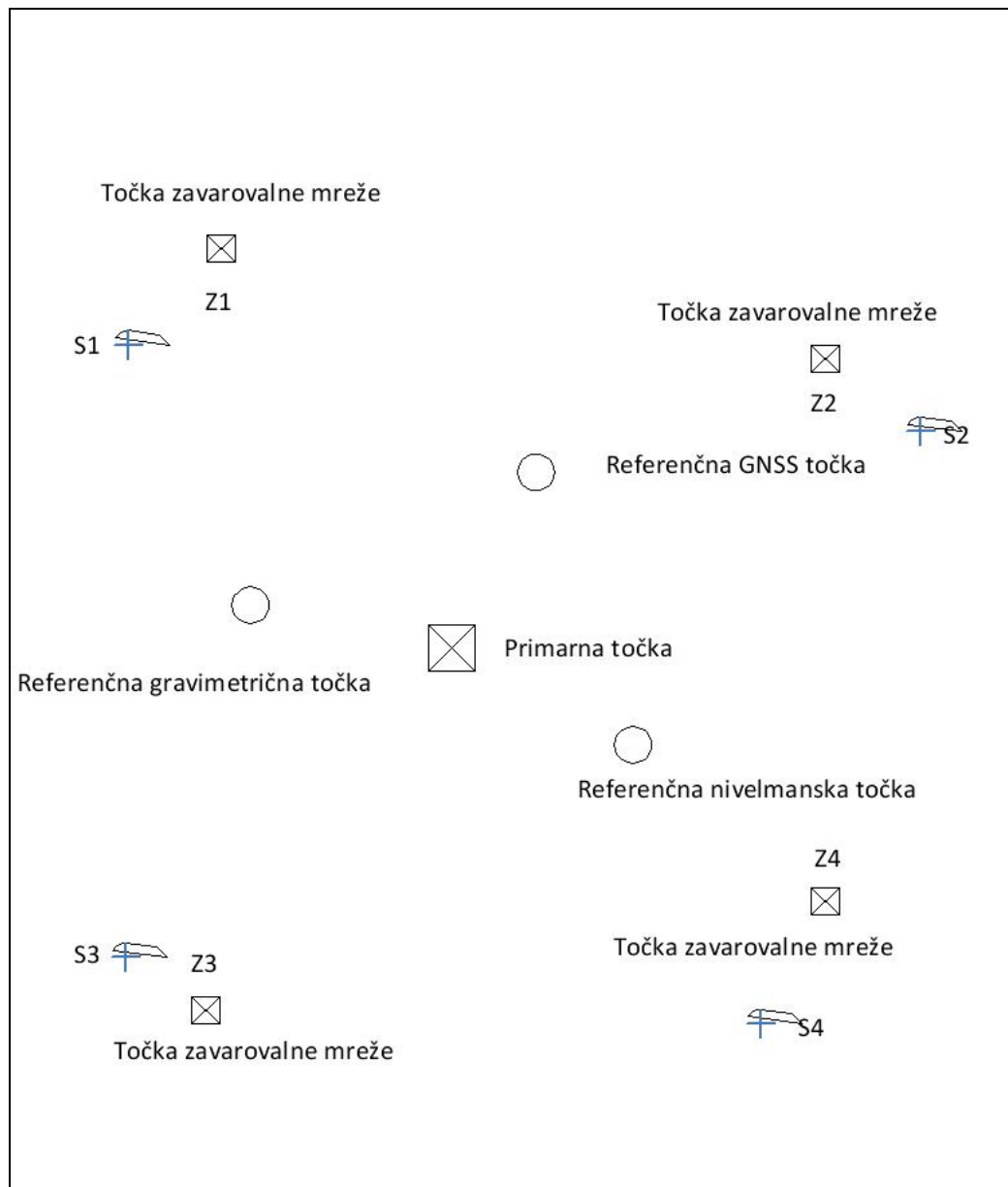
### 4.3.1 Protokol določitve horizontalnih koordinat in višin zavarovalne točke

Za potrebe spremljanja horizontalne stabilnosti položaja referenčnih točk kombinirane geodetske mreže 0. reda na območju mikrolokacije točke 0. reda stabiliziramo lokalno terestrično mikro geodetsko zavarovalno mrežo. Vsaka točka kombinirane mreže 0. reda je sestavljena iz:

- štirih fizično stabiliziranih referenčnih točk:
  - primarne točke,
  - referenčne točke GNSS,
  - referenčne nivelmanske točke in
  - referenčne gravimetrične točke;
- štirih fizično stabiliziranih točk zavarovalne mreže (Z1–Z4) in
- štirih pomožnih točk (S1–S4), ki predstavljajo ekscentrična stojišča za izvedbo terestričnih opazovanj.

Zavarovalna mreža je terestrična triangulacijsko trilateracijska mikromreža, s pomočjo katere na osnovi terestričnih opazovanj spremljamo in ugotavljamo horizontalno stabilnost primarne točke in referenčne točke GNSS na mikro-območju zavarovalne mreže. Zagotovljena mora biti vidnost med vsemi opazovanimi točkami, torej primarno točko, referenčno točko GNSS, točkami zavarovalne mreže in ekscentričnimi stojišči. Zahtevo po vidnosti je potrebno upoštevati že v fazi projektiranja kombinirane mreže glede na predvidene mikrolokacije primarne točke, referenčne točke GNSS in pripadajočih zavarovanj. Ustreznost mikrolokacije točk bi bila v tej fazi poleg same vidnosti kontrolirana tudi z vidika sposobnosti zagotavljanja najkakovostnejših rezultatov. Izvedemo optimizacijo terestrične mreže v analitični obliki ali pa s simulacijami opazovanj testiramo mrežo, ki mora biti dovolj homogena in mora zagotavljati zahtevano natančnost določitve položaja referenčne točke 0. reda. Z optimizacijo mreže določimo optimalno geometrijo mreže (položaji točk, število ter tip merskih povezav) ter ob upoštevanju natančnosti merskega instrumentarija ugotovimo zgornjo mejo dosegljive natančnosti položajev točk v projektirani mikromreži.

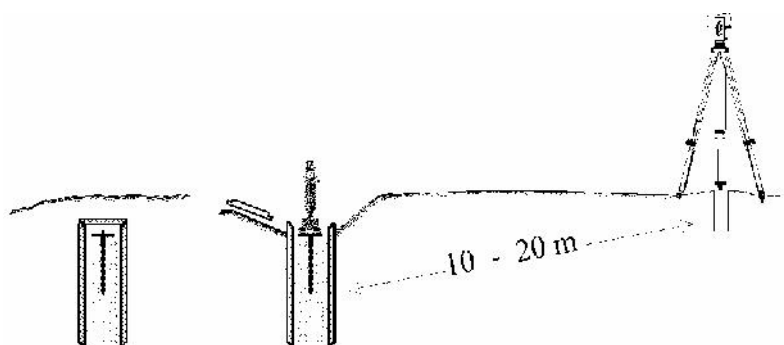
Višinsko stabilnost točk, prikazanih na spodnji sliki, spremljamo s precizno nivelmansko izmero nivelmanske mreže/zanke, v katero so vključene točke kombinirane geodetske mreže 0. reda in zavarovalne geodetske mreže.



Slika 4.3.1-1: Shematski prikaz razporeditve referenčnih točk in točk zavarovalne mreže vsake točke kombinirane mreže 0. reda.

Koordinate in višine točk zavarovalne mreže določajo horizontalni in višinski geodetski datum lokalne mreže. Za zanesljivo ugotavljanje premikov primarne točke in referenčne točke GNSS je stabilnost točk zavarovalne mreže vitalnega pomena. Če bi v daljšem časovnem obdobju katera od točk zavarovalne mreže izkazala značilen premik, v nadaljevanju ne bi več mogla določati geodetskega datuma mreže. Preračun preteklih meritev na »nov« geodetski datum, ki bi ga določale preostale stabilne točke je mogoče izvesti z uporabo postopkov različnih transformacij ali pa s ponovno izravnavo vseh meritev na nov geodetski datum.

V terestrični mikro zavarovalni mreži uporabimo talno stabilizacijo točk, ki omogoča ponovljivost centriranja z veliko točnostjo (prisilno centriranje) in enolično postavitve nivelmanske late, saj smemo pričakovati le majhne premike točk. Merske točke so torej določene z dvema fizično stabiliziranimi točkama – zavarovalno točko (Z) in ekscentričnim stojščem (S).



Slika 4.3.1-2: Stabilizacija točke zavarovalne mreže (Z) in ekscentrično stojišče (S).

Na zavarovalne točke Z1–Z4 prisilno centriramo reflektor, meritve pa izvedemo iz ekscentričnih stojišč S1–S4. Na ta način iz določitve koordinat odstranimo pogrešek centriranja instrumenta. Obdelavo opazovanj izvedemo brez podatka o višini instrumenta, ki jo je pri visoko natančnih meritvah težavno izmeriti z zadovoljivo kakovostjo. Opisani način stabilizacije je za okolico popolnoma nemoteč.

Vse opazovane točke signaliziramo s preciznimi prizmami. Zelo pomembno je, da posamezno točko v vseh izmerah signaliziramo z istim nosilcem prizme in isto prizmo, saj s tem zmanjšamo pogrešek signalizacije. V vseh izmerah ohranimo identično stabilizacijo in zagotovimo identično signalizacijo.



Slika 4.3.1-3: Prisilno centriranje in signalizacija opazovalne točke.

Zavarovanje točk kombinirane mreže poleg izvedbe ustrezne stabilizacije (poglavje 3.2) zavarovalnih točk obsega tudi stalno izvajanje geodetskih terestričnih meritev. Primarna točka, referenčna točka GNSS kombinirane geodetske mreže 0. reda in štiri pripadajoča zavarovanja tvorijo mrežo geodetskih točk. To mrežo obravnavamo kot triangulacijsko-trilateracijsko mikromrežo, v kateri izvajamo terestrične meritve:

- iz primarne točke izvajamo merjenje horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin po girusni metodi na referenčno točko GNSS, na štiri talne točke zavarovalne mreže ter na štiri ekscentrična stojišča instrumenta, ki jih signaliziramo s stativi;



- iz posameznega ekscentričnega stojišča izvajamo merjenje horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin po girusni metodi na primarno točko, na referenčno točko GNSS, na štiri talne točke zavarovalne mreže ter na tri ekscentrična stojišča, ki jih signaliziramo s stativi.
- od odločitev, ki niso predmet tega dokumenta, bomo ali pa ne na referenčni točki GNSS terestrične geodetske mreže izvajali terestrična opazovanja; če bo sprejeta odločitev, da na referenčni točki GNSS za čas izvajanja terestričnih opazovanj prekinemo izvajanje GNSS opazovanj bomo iz referenčne točke GNSS izvajalo merjenje horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin po girusni metodi na primarno točko, na štiri talne točke zavarovalne mreže ter na štiri ekscentrična stojišča instrumenta, ki jih signaliziramo s stativi;

Določitev horizontalnih koordinat in določitev višin v mreži sta izvedeni ločeno. Za določitev horizontalnih koordinat zavarovalnih točk, primarne točke in referenčne točke GNSS uporabimo metodo triangulacije in trilateracije, za določitev višin v zavarovalni mreži uporabimo metodo geometričnega nivelmana.

Opazovanja v triangulacijsko-trilateracijski mreži zavarovalnih točk so klasična terestrična opazovanja. V mreži skušamo realizirati opazovanja za vse možne povezave med točkami. Z nadštevilnimi opazovanji zagotovimo ustrezno zanesljivost in povečamo natančnost vseh količin, ki jih bomo ocenili v mikro mreži. Horizontalne smeri opazujemo po girusni metodi v dvanajstih girusih, istočasno merimo poševne dolžine obojestransko med primarno točko, referenčno točko GNSS in ekscentričnimi stojišči ter enostransko na zavarovalne točke. Za redukcijo poševno merjenih dolžin merimo tudi zenitne razdalje, obojestransko med primarno točko, referenčno točko GNSS in ekscentričnimi stojišči ter enostransko na zavarovalne točke. Za redukcijo dolžin potrebujemo višine primarne točke, referenčne točke GNSS in zavarovalnih točk, ki jih določimo z metodo geometričnega nivelmana. Za namen ugotavljanja lokalne stabilnosti primarne točke, referenčne točke GNSS in mreže zavarovalnih točk izvajamo periodične meritve (enkrat letno).

Terestrične meritve izvajamo s preciznim elektronskim tahimetrom višje natančnosti (primer: tahimeter Leica TS30;  $\sigma_a = 0,5''$ ,  $\sigma_D = 0,6$  mm; 1ppm) ter ustreznim dodatnim priborom istega proizvajalca. Nujen pogoj pri tem je, da uporabljamo preizkušen instrument in dodatni pribor. Dodatni pribor služi za centriranje instrumenta, signalizacijo opazovalnih točk, merjenje meteoroloških parametrov pri merjenju dolžin ter določanje višinskih razlik med točkami.

Merjene poševne dolžine reduciramo na nivo izbrane referenčne točke, upoštevamo meteorološke, geometrične in projekcijske popravke, ker bomo opazovanja v mreži uporabili za izračun lokalnih koordinat v Gauss-Kruegerjevi projekcijski ravnini. Izvedemo testiranje opazovanj za morebitno prisotnost grobih pogreškov, s tem, da uporabimo testiranje skladnosti ponovljenih opazovanj. Natančnost meritev v mreži lahko ocenimo iz rezultatov izravnave z metodo a-posteriori ocene uteži. Na razpolago imamo namreč veliko število nadštevilnih opazovanj, kar nam omogoča kakovostno oceno natančnosti opravljenih opazovanj.

Geodetski datum v obravnavani mikro mreži določajo štiri točke zavarovalne mreže (Z1–Z4), ki so v vseh izmerah domnevno stabilne. Horizontalne koordinate in višino točk zavarovalne mreže, primarne točke in referenčne točke GNSS določimo na osnovi vseh izravnav. V izravnavo seveda vključimo tudi točke Z1–Z4 zavarovalne

mreže, saj jih potrebujemo zaradi zagotovitve geodetskega datuma, hkrati pa lahko testiramo tudi njihovo položajno in višinsko stabilnost. Horizontalne koordinate v mreži so določene v lokalnem koordinatnem sistemu v Gauss-Kruegerjevi projekcijski ravnini in sicer na nivoju izbrane najnižje zavarovalne točke. Uporabimo posredno izravnavo opazovanj v prosti mreži. Rezultate (koordinate točk) lahko s transformacijo S transformiramo na štiri točke zavarovalne mreže, ki določajo geodetski datum v zavarovalne mikro mreži. Glede na to, da imajo vse štiri točke zavarovalne mreže v smislu položaja enak status, menimo, da upravičeno vse štiri določajo geodetski datum v mreži. Ker nobene točke ne privzamemo kot dane, rezultati niso obremenjeni z vplivom danih količin, kar je pri vrednotenju rezultatov pomembno.

Točke Z1–Z4 nam zagotavljajo tudi višinski datum, za določitev vertikalnih premikov točk. Tudi v tem primeru nivelmansko mrežo izravnavamo kot prosto mrežo in analiziramo stabilnost točk kombinirane geodetske mreže 0. reda in zavarovalne mreže.

#### **4.3.2 Spremljanje lokalne horizontalne in višinske stabilnosti točk zavarovalne mreže**

Osnova za ugotavljanje stabilnosti obravnavanega območja je določitev spremembe položajev značilnih točk v mreži. Točke med seboj povezujemo v mreže, ki jih opazujemo v vnaprej določenih časovnih terminih, imenovanih terminske izmere.

Zavarovalno geodetsko mrežo torej vzpostavimo za potrebe spremljanja stabilnosti koordinat točk med terminskimi izmerami. Da bi meritve lahko služile ugotavljanju stabilnosti, morajo biti izpolnjene naslednje zahteve:

- pravilna izbira položajev referenčnih in kontrolnih točk za zagotovitev ustrezno velikega števila povezav točk z opazovanji,
- ustrezna stabilizacija točk,
- meritve so obremenjene samo s slučajnimi pogreški,
- meritve so v vseh terminskih izmerah izvedene z isto mersko opremo in po identičnem planu,
- natančnosti meritev v terminskih izmerah so med seboj primerljive,
- v geodetski mreži imamo dovolj nadštevilnih meritev,
- geodetska mreža ima ugodno geometrijo,
- vse terminske izmere obravnavamo na enak način in v istem koordinatnem sistemu oz. istem geodetskem datumu,
- zagotovljena ponovljivost meritev,
- pogostost meritev določa velikost pričakovanih premikov.

Spremembe koordinat in višin točk zavarovalne mreže in referenčne točke ocenjujemo na osnovi identične geometrije mreže, metode izmere, instrumentarija ter geodetskega datuma horizontalne in višinske mreže. Na osnovi več terminskih izmer izračunamo relativne in kumulativne spremembe horizontalnih koordinat obravnavanih točk. Podobno izračunamo tudi relativne in kumulativne spremembe višin geodetskih točk. S postopki statističnega testiranja testiramo stabilnost točk zavarovalne mreže in ugotavljamo statistično značilne premike primarne točke in referenčne točke GNSS kombinirane geodetske mreže 0. reda.

O premikih točk med dvema terminskima izmerama lahko sklepamo na osnovi primerjave koordinat oziroma višin točk v dveh terminskih izmerah, vendar le za identične točke. Po izravnavi najmanj dveh terminskih izmer je mogoče določiti premik točke  $d, \Delta H$  ter standardno deviacijo premika  $\sigma_d, \sigma_{\Delta H}$ . Te količine uporabimo v sta-

tističnem testu. Izračunamo testni statistiki  $T = \frac{d}{\sigma_d}$  oziroma  $T = \frac{\Delta H}{\sigma_{\Delta H}}$  in ju primer-

jamo s kritično vrednostjo glede na izbrano stopnjo značilnosti testa  $\alpha$ . Premike točk je mogoče z zadostno verjetnostjo odkriti tedaj, ko so premiki statistično značilno večji od natančnosti ocenjenih premikov. Za lažjo odločitev ali gre za premik ali ne, izračunamo dejansko tveganje za zavrnitev ničelne hipoteze, ki ga primerjamo s stopnjo značilnosti testa  $\alpha$ . Premik točke določamo torej na osnovi ocenjenih vrednosti koordinat in višine točke v posamezni terminski izmeri.

Testno statistiko testiramo glede na postavljeno ničelno in alternativno hipotezo:

- $H_0 : d = 0$ ; točka je stabilna in
- $H_a : d \neq 0$ ; točka ni stabilna.

Obravnavamo dva primera:

- $\alpha_T < \alpha$ : zavrnemo ničelno hipotezo; premik točke je statistično značilen ali
- $\alpha_T > \alpha$ : ne zavrnemo ničelne hipoteze; premik točke ni statistično značilen.

Podobno testno statistiko testiramo za vertikalne premike točk. Pri oceni statistično značilnih premikov se moramo odločiti za stopnjo značilnosti testa  $\alpha$ , glede na stopnjo sprejemljivega tveganja. Na osnovi izračunanih premikov med terminskimi izmerami določimo morebitne statistično značilne premike in ocenimo stabilnost obravnavanega območja.

#### **4.4 Povezava referenčnih točk za različne merske tehnologije na posamezni točki kombinirane geodetske mreže**

Namen vzpostavitve kombinirane geodetske mreže 0. reda je tudi vzpostavitev povezav med različnimi referenčni sistemi ter različnimi tipi geodetskih opazovanj na identičnih točkah, to je točkah mreže 0. reda. Naš namen je tako na vsaki točki 0. reda vzpostavitev najkakovostnejše možne povezave med:

- državnim horizontalnim sistemom (datumom),
- državnim višinskim sistemom (datumom),
- državnim gravimetričnim sistemom (datumom) in
- terestričnimi referenčnimi sistemi ITRS, ETRS89 (sestavi ITRF, ETRF).

Zaradi uporabe različnih merskih tehnik ni mogoče, da bi imeli na vsaki točki kombinirane geodetske mreže 0. reda eno samo referenčno točko. Tako bo posamezna referenčna točka kombinirane geodetske mreže 0. reda materializirana s štirimi referenčnimi točkami: primarno točko, referenčno točko GNSS, referenčno nivelmansko točko in referenčno gravimetrično točko. Referenčne točke naj bodo stabilizirane na način, ki zagotavlja izvedbo najnatančnejših meritev s posamezno mersko tehniko (meritev GNSS, geometričnega nivelmana in gravimetričnih meritev).

Na vsaki točki kombinirane mreži 0. reda imamo tako štiri referenčne točke:

- primarna točka,
- referenčna točka GNSS,
- referenčna nivelmanska točka in
- referenčna gravimetrična točka.

Na vsaki točki mreže 0. reda imamo torej več točk, ki so fizično ločene, jih je smiselno med seboj povezati oziroma izbrati glavno referenčno točko (primarna točka), s katero bomo povezali različne referenčne točke med seboj.

Z meritvami GNSS določimo koordinate primarne točke (verjetno z občasnimi, kampanjskimi izmerami GNSS) ter referenčne točke GNSS v globalnem koordinatnem sistemu. Z metodo geometričnega nivelmana določimo višino primarni točki in referenčni nivelmanski točki. Z gravimetričnimi meritvami določimo težni pospešek primarni točki in referenčni gravimetrični točki. Primarna točka je torej edina točka, kateri smo z opazovanji določili vse vrste koordinat, ki jih lahko določimo na osnovi razpoložljivih opazovanj.

Za vsako referenčno točko mreže 0. reda moramo torej:

- določiti in stabilizirati primarno referenčno točko
- določiti koordinate primarne referenčne točke v različnih referenčni sistemih

Za spremljanje lokalne horizontalne stabilnosti primarne točke in referenčne točke GNSS kombinirane geodetske mreže 0. reda je pomembno, da je stabilizacija izvedena na način, ki omogoča precizno terestrično izmero. S terestričnimi meritvami določimo koordinate točk v lokalnem koordinatnem sistemu, saj gre za ugotavljanje stabilnosti na lokalnem območju. Kot rečeno, se koordinate primarne točke v teres-

tričnem koordinatnem sistemu določijo s tehnologijo GNSS, s terestričnimi meritvami pa se spremlja njihova lokalna stabilnost. Potrebno bo še premisliti ali je potrebno zagotoviti koordinate primarne točke v terestričnem referenčnem sistemu na osnovi terestričnih opazovanj ali bo dovolj, če te koordinate določamo na osnovi kampanjskih izmer GNSS (npr.: 4–6 krat letno v trajanju 4–7 dni).

S terestričnimi meritvami spremljamo le horizontalno stabilnost kombinirane mreže, z ostalimi merskimi tehnologijami referenčnim točkam pa določamo ostale attribute (horizontalne koordinate, višino, težni pospešek). Točk zavarovalne mreže torej ne obravnavamo kot referenčne točke, temveč jih vzpostavimo za spremljanje in ugotavljanje horizontalne in višinske stabilnosti kombinirane mreže.

Ali je koordinate točk zavarovalne mreže smiselno vključevati v državni koordinatni sistem se je potrebno še odločiti. S postopki transformacije je sicer mogoče koordinate, določene v lokalnih geodetskih mrežah preračunati v državni koordinatni sistem in tudi v vse globalne koordinatne sisteme, vendar je potrebno preveriti pogoje, ki morajo biti izpolnjeni za ustrezno kakovost teh transformacij oziroma premisliti o smiselnosti izvedbe teh transformacij. Trenutno smo mnenja, da lokalnih koordinat zavarovalne mreže ni potrebno transformirati v nobenega od omenjenih koordinatnih sistemov.

#### **4.4.1 Povezava nivelmanske in gravimetrične referenčne točke s primarno referenčno točko**

Zaradi nezadostnega poznavanja geometrije težnostnega polja je pomembna povezava opazovanj GNSS z nivelmanskimi in gravimetričnimi opazovanji. Kakovostne geometrične koordinate točk, pridobljene s tehnologijo GNSS, nam omogočajo kakovostno redukcijo nivelmanskih in gravimetričnih opazovanj v višinski referenčni sistem. Prav tako pa lahko na osnovi nivelmanskih in gravimetričnih opazovanj na primarni točki in na referenčni točki GNSS vzpostavimo povezavo horizontalnega in višinskega koordinatnega sistema.

Točke kombinirane geodetske mreže 0. reda (primarno in nivelmansko/gravimetrično referenčno) in zavarovalne geodetske mreže (glej sliko 4.3.1-1) bomo s precizno nivelmansko izmero povezali v nivelmansko zanko. Nivelmansko zanko bomo navezali na nivelmansko mrežo Republike Slovenije. Nivelmanska zanka in navezava na nivelmansko mrežo Republike Slovenije bo izmerjena po zahtevah za izmero nivelmanskih mrež visoke natančnosti. Pred navezavo nivelmanske zanke na državni višinski sistem bomo opravili analizo vertikalnih premikov reperjev glede na zadnje izmere nivelmanskih mrež, ki jih izvajamo na območju Slovenije. Na osnovi analize vertikalnih premikov bomo določili reperje, ki lahko služijo za navezavo nivelmanske zanke kombinirane geodetske mreže 0. reda in zavarovalne geodetske mreže na državni višinski sistem. Tako bodo nadmorske višine točk določene v državnem višinskem sistemu in vertikalnem datumu, ki ga uporabljamo v Sloveniji.

Težni pospešek na točkah kombinirane geodetske mreže 0. reda in zavarovalne geodetske mreže, bo določen z relativno gravimetrično izmero. Analiza rezultatov gravimetrične izmere mora biti opravljena v skladu z mednarodnimi standardi, ki sta jih izdala IAG (International Association of Geodesy) in Bureau Gravimetric International. Relativna gravimetrična izmera bo navezana na gravimetrično mrežo Slovenije. Z navezavo na gravimetrično mrežo Slovenije, bo težni pospešek na točkah kombinirane geodetske mreže 0. reda določen v mednarodnem gravimetričnem datumu IGSN71 (International Gravity Standardization Network 1971).

## 5 Literatura in viri

- Altiner, Y., Marjanovič, M., Medved, M., in Rašič, Lj. (2006). Active deformation of the northern Adriatic region: Results from the CRODYN geodynamical experiment. The Adria microplate: GPS geodesy, tectonics and hazards. *NATO Science Series, IV, Earth and Environmental Sciences*, letn. 61, str. 257–267 (DOI: 10.1007/1-4020-4235-3\_18)
- Berk, S., ur. (2010). Vzpostavljane evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji. Zbornik projekta. Geodetska uprava Republike Slovenije, Ljubljana, 80 str.
- Berk, S., Bajec, K., Fajdiga, D., Klanjšček, M., Koler, B., Kozmus Trajkovski, K., Kuhar, M., Likovič, D., Mahnič, G., Mesner, N., Radovan, D., Sterle, O., in Stopar, B. (2008). Razvoj DGS 2007. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, 3 zv., 203+13 str., 309+47 str. in 329+19 str.
- Berk, S., Bajec, K., Fajdiga, D., Radovan, D., Komadina, Ž., Medved, K., Ambrožič, T., Koler, B., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Savšek, S., Sterle, O., in Stopar, B. (2012). Idejni projekt za kombinirano geodetsko mrežo ničtega reda. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011*. 17. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 26. januar 2012. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 37–44
- Berk, S., Bajec, K., Kozmus Trajkovski, K., in Stopar, B. (2011). Status of the SIGNAL Positioning Service and Transformation between the Local and ETRS89 Coordinates in Slovenia. 2. *CROPOS konferencija*. Zagreb, 8. april, 2011. Zbornik konference. Državna geodetska uprava, Zagreb, str. 39–42
- Berk, S., Bajec, K., Triglav Čekada, M., Fajdiga, D., Mesner, N., Arh, I., Žagar, T., Janežič, M., Fabiani, N., Radovan, D., Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M., Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Ambrožič, T., Kogoj, D., in Savšek, S. (2009a). Razvoj DGS 2009. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2. zv., 165+9 str. in 597+43 str.
- Berk, S., Bajec, K., Triglav Čekada, M., Fajdiga, D., Mesner, N., Žagar, T., Kete, P., Vodopivec, A., Klanjšček, M., Radovan, D., Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M., Kozmus Trajkovski, K., Pavlovčič Prešeren, P., in Sterle, O. (2009b). Razvoj DGS 2008. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, 3 zv., 202 str., 428+12str. in 286+52 str.
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., in Stopar, B. (2003). Kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. *Geodetski vestnik*, letn. 47, št. 4, str. 414–422
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., in Stopar, B. (2004a). Preračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2003*. 9. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 15. januar 2004. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 45–56

- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanović, M., Radovan, D., in Stopar, B. (2004b). The Recomputation of the EUREF GPS Campaigns in Slovenia. *Report on the Symposium of the IAG Subcommission 1.3a Europe (EUREF)*. Toledo, Španija, 4.–7. junij 2003. *Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication*, št. 13. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt na Majni, str. 132–149
- Berk, S., Kozmus, K., Radovan, D., in Stopar, B. (2006). Planning and realization of the Slovenian permanent GPS network. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, letn. 113, št. 11–12, str. 383–387
- Blewitt, G., Hammond, W. C., Kreemer, C., Plag, H.-P., Stein, S., in Okal, E. (2009). GPS for real-time earthquake source determination and tsunami warning systems. *Journal of Geodesy*, letn. 83, št. 3–4, str. 335–343 (DOI: 10.1007/s00190-008-0262-5)
- Brockmann, E., Becker, M., Bürki, B., Gurtner, W., Haefele, P., Hirt, C., Marti, U., Müller, A., Richard, P., Schlatter, A., Schneider, D., in Wiget, A. (2006). Realization of a Swiss Combined Geodetic Network (CH-CGN). *Report on the Symposium of the IAG Subcommission 1.3a Europe (EUREF)*. Bratislava, Slovaška, 2.–5. junij 2004. *Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication*, št. 14. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt na Majni, 8 str.
- Brockmann, E., Marti, U., Schlatter, A., in Schneider, D. (2004). CHCGN activities in Switzerland: Activities for a Swiss Combined Geodetic Network. *Report on the Symposium of the IAG Subcommission 1.3a Europe (EUREF)*. Toledo, Španija, 4.–7. junij 2003. *Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication*, št. 13. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt na Majni, 6 str.
- Bruyninx, C., Altamimi, Z., Boucher, C., Brockmann, E., Caporali, A., Gurtner, W., Habrich, H., Hornik, H., Ihde, J., Kenyeres, A., Mäkinen, J., Stangl, G., van der Marel, H., Šimek, J., Söhne, W., Torres, J. A., in Weber, G. (2009). The European Reference Frame: Maintenance and Products. Geodetic Reference Frames. IAG Symposium, München, Nemčija, 9.–14. oktober 2006. *International Association of Geodesy Symposia*, letn. 134, zv. 3, str. 131–136 (DOI: 10.1007/978-3-642-00860-3\_20)
- Bruyninx, C., Carpentier, G., in Roosbeek, F. (2009). The EUREF Permanent Network: Monitoring and On-line Resources. Geodetic Reference Frames. IAG Symposium, München, Nemčija, 9.–14. oktober 2006. *International Association of Geodesy Symposia*, letn. 134, zv. 3, str. 137–142 (DOI: 10.1007/978-3-642-00860-3\_21)
- Caporali, A., Aichhorn, C., Barlik, M., Becker, M., Fejes, I., Gerhátová, L., Ghițău, D., Grenczy, G., Hefty, J., Krauss, S., Medak, D., Milev, G., Mojzeš, M., Mulić, M., Nardo, A., Pesec, P., Rus, T., Šimek, J., Śledziński, J., Solarić, M., Stangl, G., Stopar, B., Vespe, F., in Virág, G. (2009). Surface kinematics in the Alpine-Carpathian-Dinaric and Balkan region inferred from a new multi-network GPS combination solution. *Tectonophysics*, letn. 474, št. 1–2, str. 295–321 (DOI: 10.1016/J.TECTO.2009.04.035)
- Caporali, A., Aichhorn, C., Becker, M., Fejes, I., Gerhátová, L., Ghițău, D., Grenczy, G., Hefty, J., Krauss, S., Medak, D., Milev, G., Mojzeš, M., Mulić, M., Nardo, A., Pesec, P., Rus, T., Šimek, J., Śledziński, J., Solarić, M., Stangl, G., Vespe, F., Virág, G., Vodopivec, F., in Zablotskyi, F. (2008). Geokinematics of Central Europe: New insights from the CERGOP-2/Environment Project. *Journal of Geodynamics*, letn. 45, št. 4–5, str. 246–256 (DOI: 10.1016/J.JOG.2008.01.004)



- Čop, R. (2011). Gradnja geomagnetnega observatorija pod Sinjim vrhom nad Ajdovščino. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2010*. 16. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 27. januar 2011. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 59–64
- Čop, R., in Deželjin, D. (2012). Preizkusno obratovanje geomagnetnega observatorija Sinji vrh. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011*. 17. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 26. januar 2012. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 57–62
- Gosar, A., Živčič, M., in Jesenko, T. (2000). Raziskave za izbor lokacij nove mreže potresnih opazovalnic v Sloveniji. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2000*. 6. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 12. december 2000. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 87–97
- Hećimović, Ž., in Bašič, T. (2005a). Satelitska misija CHALLENGING Minisatellite Payload (CHAMP). *Geodetski list*, letn. 59, št. 2, str. 129–147
- Hećimović, Ž., in Bašič, T. (2005b). Satelitska misija Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer (GOCE). *Geodetski list*, letn. 59, št. 4, str. 253–265
- Hećimović, Ž., in Bašič, T. (2005c). Satelitska misija Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE). *Geodetski list*, letn. 59, št. 3, str. 181–197
- Horváth, T., Leitmannová, K., Nagl, J., Kollo, K., in Wübbena, G. (2008). Guidelines for Single Site Design. Version 2.1. EUPOS® – European Position Determination System. Office of the International EUPOS® Steering Committee, Berlin, 22 str.
- Ihde, J., Adam, J., Bruyninx, C., Kenyeres, A., in Šimek, J. (2003). Proposal for the Development of an European Combined Geodetic Network (ECGN). Concept and Status of the ECGN Project. *Report on the Symposium of the IAG Subcommission 1.3a Europe (EUREF)*. Ponta Delgada, Španija, 5.–8. junij 2002. *Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication*, št. 12. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt na Majni, str. 49–67
- Ihde, J., Baker, T., Bruyninx, C., Francis, O., Amalvict, M., Kenyeres, A., Mäkinen, J., Shipman, S., Šimek, J., in Wilmes, H. (2004). Concept and Status of the ECGN Project. *Report on the Symposium of the IAG Subcommission 1.3a Europe (EUREF)*. Toledo, Španija, 4.–7. junij 2003. *Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication*, št. 13. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt na Majni, str. 57–65
- Ihde, J., Baker, T., Bruyninx, C., Francis, O., Amalvict, M., Kenyeres, A., Mäkinen, J., Shipman, S., Šimek, J., in Wilmes, H. (2005). Development of a European Combined Geodetic Network (ECGN). *Journal of Geodynamics*, letn. 40, št. 4–5, str. 450–460 (DOI: 10.1016/J.JOG.2005.06.008)
- Ihde, J., Baker, T., Bruyninx, C., Francis, O., Amalvict, M., Kenyeres, A., Mäkinen, J., Shipman, S., Šimek, J., Wilmes, H., in Wziontek, H. (2006). Status of the European Combined Geodetic Network. *Report on the Symposium of the IAG Subcommission 1.3a Europe (EUREF)*. Dunaj, Avstrija, 1.–4. junij 2005. *Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication*, št. 15. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt na Majni, str. 198–204

- Ihde, J., Baker, T., Bruyninx, C., Francis, O., Amalvict, M., Luthardt, J., Liebsch, G., Kenyeres, A., Mäkinen, J., Shipman, S., Šimek, J., in Wilmes, H. (2006). The implementation of the ECGN Stations – Status of the 1st Call for Participation. *Report on the Symposium of the IAG Subcommission 1.3a Europe (EUREF)*. Bratislava, Slovaška, 2.–5. junij 2004. *Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication*, št. 14. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt na Majni, str. 49–58
- Ihde, J., in Sánchez, L. (2005). A unified global height reference system as a basis for IGGOS. *Journal of Geodynamics*, letn. 40, št. 4–5, str. 400–413 (DOI: 10.1016/J.JOG.2005.06.015)
- Klanjšček, M., Mesner, N., in Berk, S. (2006). Določitev koordinat EUVN točk v evropskem koordinatnem sistemu ETRS89 za projekt EUVN\_DA. Tehnično poročilo. Geodetski inštitut Slovenije. Naročnik: Geodetska uprava Republike Slovenije, 18 str.
- Koler, B., Medved, M., in Kuhar, M. (2006a). Project of the new gravimetric network and test survey in Slovenia. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, letn. 36, posebna št. (2nd Workshop on International Gravity Field Research, 8.–9. maj 2006, Smolenice, Slovaška), str. 31–41
- Koler, B., Medved, M., in Kuhar, M. (2006b). Projekt nove gravimetrične mreže 1. reda Republike Slovenije. *Geodetski vestnik*, letn. 50, št. 3, str. 451–460
- Koler, B., Medved, K., in Kuhar, M. (2007). Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, letn. 51, št. 4, str. 777–792
- Koler, B., Urbančič, T., Medved, K., Vardjan, N., Berk, S., Omang, O. C. D., Solheim, D., in Kuhar, M. (2012). Novi višinski sistem Slovenije in testni izračun geoida. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011*. 17. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 26. januar 2012. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 91–101
- Koler, B., in Vardjan, N. (2003). Analiza stanja nivelmanskih mrež Republike Slovenije. *Geodetski vestnik*, letn. 47, št. 3, str. 251–262
- Koler, B., Vardjan, N., in Urbančič, T. (2011). Analiza stanja pri uvajanju novega višinskega sistema. *Geodetski vestnik*, letn. 55, št. 2., str. 215–225
- Komac, B., in Zorn, M. (2010). Statistično modeliranje plazovitosti v državnem merilu. *Od razumevanja do upravljanja. Naravne nesreče*, 1. knj. Založba ZRC, Ljubljana, str. 65–74
- Kozmus, K., in Stopar, B. (2004). Infrastruktura omrežij permanentnih postaj GPS. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2003*. 9. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 15. januar 2004. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 81–88
- Kuhar, M., Berk, S., Koler, B., Medved, K., Omang, O. C. D., in Solheim, D. (2011). Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. *Geodetski vestnik*, letn. 55, št. 2., str. 226–234
- Mikoš, M. (2010). Kako zmanjšati poplavne škode v Sloveniji. *Od razumevanja do upravljanja. Naravne nesreče*, 1. knj. Založba ZRC, Ljubljana, str. 255–262

- Oven, K., Berk, S., Bajec, K., Pegan Žvokelj, D., Klanjšček, M., Demšar, J., Vrabič, R., Droščák, B., Zore, M., Fabiani, N., Janežič, M., Radovan, D., Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M., Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Ambrožič, T., Kogoj, D., in Savšek, S., (2010). Razvoj DGS 2010. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo, Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2 zv., 318+22 str. in 234+14 str.
- Paliska, D., Čop, R., Fabjan, D., in Drobne, S. (2010). Izbira lokacije za postavitve geomagnetnega observatorija v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, letn. 54, št. 3., str. 469–480
- Plag, H.-P., Rothacher, M., Pearlman, M., Neilan, R., in Ma, C. (2009). The Global Geodetic Observing System. *Solid Earth. Advances in Geosciences*, letn. 13, str. 105–127
- Poutanen, M., Knudsen, P., Lilje, M., Nørbech, T., Plag, H.-P., Scherneck, H.-G. (2005). NGOS – The Nordic Geodetic Observing System. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*, letn. 2, št. 2, str. 79–100
- Poutanen, M., Knudsen, P., Lilje, M., Nørbech, T., Plag, H.-P., Scherneck, H.-G. (2007). The Nordic Geodetic Observing System (NGOS). *Dynamic Planet. Monitoring and Understanding a Dynamic Planet with Geodetic and Oceanographic Tools. IAG Symposium, Cairns, Avstralija, 22.–26. avgust 2005. International Association of Geodesy Symposia*, letn. 130, zv. VI, str. 749–756 (DOI: 10.1007/978-3-540-49350-1\_107)
- Radovan, D. (2007). Slovensko omrežje referenčnih postaj GPS za natančno določanje položaja. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2006*. 12. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 18. januar 2007. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 21–28
- Radovan, D. (2007). Slovensko omrežje referenčnih postaj GPS. *Življenje in tehnika*, letn. 58, št. 10, str. 22–27
- Radovan, D., in Medved, K. (2009). SIGNAL – Slovenian permanent GNSS stations network. *1. CROPOS konferencija*. Zagreb, Hrvaška, 8.–9. junij 2009. Zbornik radova. Hrvatsko geodetsko društvo in Državna geodetska uprava, Zagreb, str. 29–40
- Rummel, R. (2011). Preface (GOCE – The Gravity and Steady-State Ocean Circulation Explorer). *Journal of Geodesy*, letn. 85, št. 11, str. 747 (DOI: 10.1007/s00190-011-0499-2)
- Savšek Safić, S., Ambrožič, T., Stopar, B., in Kogoj, D. (2008). Local stability monitoring of the Koper tide gauge station. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, letn. 115, št. 6, str. 210–215
- Scherneck, H.-G., Vermeer, M., Forsberg, R., Schmidt, K.-E., Mäkinen, J., Ollikainen, M., Poutanen, M., Routsalainen, H., Virtanen, H., Völkens, C., Plag, H.-P., Lidberg, M., in Olsson, A. (2005). The Nordic Geodetic and Geodynamic Observing System (NGGOS): An NKG plan for the contribution from an absolute gravimetry network (NGGOS/AG). Nordiska kommissionen för Geodesi (Nordic Geodetic Commission), 14 str.
- Schwieger, V., Lilje, M., in Sarib, R. (2009). GNSS CORS – Reference Frames and Services. *Spatial Data Serving People: Land Governance and the Environment – Building the Capacity*. 7th FIG Regional Conference. Hanoi, Vietnam, 19. – 22. oktober 22 str.

- Sinčič, P., in Vidrih, R. (2009). Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2008*. 13. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 22. januar 2009. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 59–68
- Sinčič, P., in Vidrih, R. (2006). Potek izgradnje državne mreže potresnih opazovalnic. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2005*. 11. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 19. januar 2006. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 7–20
- Sinjur, I., Ferlan, M., Simončič, P., in Vilhar, U. (2010). Mreža meteoroloških postaj Gozdarskega inštituta Slovenije. *Gozdarski vestnik*, letn. 68, št. 1, str. 41–46
- Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., in Stopar, B. (2009). Definicija, realizacija in vzdrževanje modernih koordinatnih sistemov. *Geodetski vestnik*, letn. 53, št. 4, str. 679–694
- Stopar, B. (2007). Vzpostavitev ESRS v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, letn. 51, št. 4, str. 763–776
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Sterle, O., Ambrožič, T., Savšek Safić, S., Kuhar, M., in Radovan, D. (2006). Geodetska dela na novi mareografski postaji Koper. *Geodetski vestnik*, letn. 50, št. 4, str. 609–619
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Sterle, O., Ambrožič, T., Savšek Safić, S., Kuhar, M., in Radovan, D. (2007). Geodetska navezava mareografske postaje Koper. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2006*. 12. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 18. januar 2007. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 51–60
- Stopar, B., in Kuhar, M. (2001). Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije. *Geodetski vestnik*, letn. 45, št. 1–2, str. 11–26
- Stopar, B., in Kuhar, M. (2003). A Study of Distorsions of the Primary Triangulation Network of Slovenia. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, letn. 38, št. 1, str. 43–52 (DOI: 10.1556/AGeod.38.2003.1.7)
- Stopar, B., Kuhar, M., in Koler, B. (2008). Novi koordinatni sistem v Sloveniji. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2007*. 13. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 17. januar 2008. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 37–50
- Stopar, B., Radovan, D., Berk, S., in Bilc, A. (2002). Projekt izgradnje slovenskega omrežja permanentnih GPS-postaj in vzpostavitve GPS-službe. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2002*. 8. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 12. december 2002. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 73–80
- Stopar, B., Sterle, O., Weber, J., in Vrabec, M. (2011). The Role and Importance of GNSS for Geodynamics. 2. *CROPOS konferencija*. Zagreb, 8. april, 2011. Zbornik konference. Državna geodetska uprava, Zagreb, str. 39–42

- Strojan, I. (2006). Hidrološki monitoring morja na Agenciji Republike Slovenije za okolje in sodelovanje v projektu ESEAS RI. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2005*. 11. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 19. januar 2006. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 91–99
- Svetik, P. (2009). V srcu Slovenije: kronologija uresničevanja projekta GEOSS do leta 2009. Društvo za razvoj in varovanje Geossa, Vače, 200 str.
- Torres, J. A., Altamimi, Z., Boucher, C., Brockmann, E., Bruyninx, C., Caporali, A., Gurtner, W., Habrich, H., Hornik, H., Ihde, J., Kenyeres, A., Mäkinen, J., van der Marel, H., Seeger, H., Šimek, J., Stangl, G., in Weber, G. (2009). Status of the European Reference Frame (EUREF). Observing our Changing Earth. *Proceedings of the 2007 IAG General Assembly*, Perugia, Italija, 2.–13. julij 2007. *International Association of Geodesy Symposia*, letn. 133, zv. 1, str. 47–56 (DOI: 10.1007/978-3-540-85426-5\_6)
- Triglav Čekada, M., Oven, K., Karničnik, I., Dežman Kete, V., Mesner, N., in Radovan, D. (2010). Vloga geodetskih podatkov pri naravnih nesrečah. *Od razumevanja do upravljanja. Naravne nesreče*, 1. knj. Založba ZRC, Ljubljana, str. 157–167
- Triglav Čekada, M., in Radovan, D. (2010). Interventna in preventivna snemanja pri naravnih nesrečah. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010*. Ljubljana, 28. september 2010. *GIS v Sloveniji*, št. 10. Založba ZRC, Ljubljana, str. 291–299
- Ulaga, F. (2002). Trendi spreminjanja pretokov slovenskih rek. *Dela*, št. 18. Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana, str. 93–114.
- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., in Živčič, M. (2004). Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004*. Ljubljana, 28. september 2004. *GIS v Sloveniji*, št. 7. Založba ZRC, Ljubljana, str. 203–210
- Vidrih, R., ur. (2007). Državna mreža potresnih opazovalnic · Seismic Network of Slovenia. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 288 str.
- Vodopivec, F., Bilc, A., Poljak, M., in Placer, L. (2007). Šest let CERGOP-a: Centralnoevropski regionalni geodinamični projekt. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2006*. 12. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 18. januar 2007. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 29–39
- Vodopivec, F., in Kogoj, D. (2005). Nov način precizne stabilizacije geodetskih točk za opazovanje premikov. *Geodetski vestnik*, letn. 49, št. 1, str. 9–17
- Weber, J., Vrabec, M., Pavlovčič Prešeren, P., Dixon, T., Jiang, Y., in Stopar, B. (2010). Določitev recentnega gibanja Jadranske mikroplošče iz meritev GPS v Istri in Padski nižini. *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2009*. 15. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, 21. januar 2010. Zbornik predavanj. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, str. 71–73
- Weber, J., Vrabec, M., Pavlovčič Prešeren, P., Dixon, T., Jiang, Y., in Stopar, B. (2010). GPS-derived motion of the Adriatic microplate from Istria Peninsula and Po Plain sites, and geodynamic implications. *Tectonophysics*, letn. 483, št. 3–4, str. 214–222 (DOI: 10.1016/J.TECTO.2009.09.001)

- Weber, J., Vrabec, M., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., in Dixon, T. (2006). The PIVO-2003 experiment: a GPS study of Istria peninsula and Adria microplate motion, and active tectonics in Slovenia. The Adria microplate: GPS geodesy, tectonics and hazards. *NATO Science Series, IV, Earth and Environmental Sciences*, letn. 61, str. 305–320 (DOI: 10.1007/1-4020-4235-3\_21)
- Wilmes, H., Richter, B., in Ihde, J. (2004). Contribution of Gravity to the European Combined Geodetic Network (ECGN). *Report on the Symposium of the IAG Subcommission 1.3a Europe (EUREF)*. Toledo, Španija, 4.–7. junij 2003. *Reports of the EUREF Technical Working Group (TWG) – EUREF publication*, št. 13. Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt na Majni, 7 str.
- Žagar, T., Radovan, D., in Kete, P. (2010). Izračun dokončnega modela geomagnetne deklinacije za Slovenijo. Končno poročilo. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, 25 str. + pril.

ARSO-publikacije:

- [ARSO 1] Mreža avtomatskih postaj in digitalnih regulatorjev. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- [ARSO 2] Mreža heliografskih postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- [ARSO 3] Mreža meteoroloških postaj v letu 2009. Meteorološki letopis 2009. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2009, 9 str.
- [ARSO 4] Mreža padavinskih postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- [ARSO 5] Mreža postaj z meritvami trajanja in energije Sonca. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- [ARSO 6] Mreža postaj z ombrografi. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- [ARSO 7] Mreža sinoptičnih in klimatoloških postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje, 2005, 1 str.
- [ARSO 8] Potresi v letu 2005. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo. Ljubljana, 2007, 188 str.
- [ARSO 9] Mreža potresnih opazovalnic. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo. Ljubljana, 2011

EUREF-publikacije

- [EUREF 1] ECGN · 1st Call for Participation · Implementation of the ECGN Stations. EUREF, 2003, 14 str.
- [EUREF 2] ECGN Meta Data Form. EUREF, 2003, 3 str.
- [EUREF 3] ECGN Standards for Absolute Gravimeter (AG). EUREF, 2003, 7 str.
- [EUREF 4] ECGN Standards for Local Ties. EUREF, 2003, 2 str.
- [EUREF 5] ECGN Standards for the Levelling Connection of the ECGN Station. EUREF, 2003, 3 str.
- [EUREF 6] ECGN Standards for Tide Gauge Measurements. EUREF, 2003, 1 str.
- [EUREF 7] Guidelines for EPN Station & Operation Centres. EUREF, 2010, 15 str.
- [EUREF 8] Procedure for Becoming an EPN Station. EUREF, 2006, 4 str.
- [EUREF 10] Permanent Service for Mean Sea Level. Spletna stran, 2010.
- [EUREF 11] Domača stran Evropske Kombinirane Geodetske Mreže. Spletna stran, 2010.