

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

V zbirki je izvorna različica izdajatelja.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is a publisher's version PDF file.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Koler, B., Vardjan, N., Urbančič, T. 2011. Analiza stanja pri uvajanju sodobnega višinskega sistema = Status of the new height system development. Geodetski vestnik 55, 2: 215–225.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.02.215-225>  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/3709/>

Datum arhiviranja / Archiving Date: 10-09-2014

# ANALIZA STANJA PRI UVAJANJU SODOBNEGA VIŠINSKEGA SISTEMA

STATUS OF THE NEW HEIGHT SYSTEM DEVELOPMENT

*Božo Koler, Nuša Vardjan, Tilen Urbančič*

UDK: 528.38

## IZVLEČEK

*V prispevku je predstavljen predlog za novo oštevilčevanje nivelmanskih poligonov in reperjev. Obravnavana je tudi analiza natančnosti izmerjenih višinskih razlik, opravljena na podlagi odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik in odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank. Na podlagi izravnave nivelmanske mreže in nivelmanskih poligonov je analizirana tudi natančnost na podlagi popravkov merjenih višinskih razlik in izvedena ocena natančnosti določitve nadmorske višine reperjev.*

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.09

## ABSTRACT

*This 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, residuals from loop closures, and results from network adjustments.*

## KLJUČNE BESEDE

*oštevilčevanje, nivelmanska mreža, reper, analiza natančnosti, izravnava*

## KEY WORDS

*numbering, levelling network, benchmark, accuracy analysis, adjustment*

## 1 UVOD

Državni koordinatni sistem je razdeljen na dve komponenti – horizontalno in višinsko. Vsaka ima svoje težave in slabosti, ki izvirajo iz zgodovinskih, tehnoloških in formalno-pravnih okvirov, v katerih je bila vzpostavljena za vodenje evidenc o prostoru ter prikazovanje objektov in pojavov na območju države. Kakovost geodetskih in prostorskih podatkov je odvisna tudi od natančnosti določitve nadmorskih višin točk, kar se je pokazalo tudi ob poplavih, ki so Slovenijo prizadele septembra 2010. Možnost uporabe posnetkov LIDAR je povezana z določitvijo višin s sodobnimi geodetskimi merskimi tehnikami, kot je GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Za uporabo GNSS-višinomerstva v praksi pa je dobro določen sodoben višinski sistem nujen. Tak sistem nam skupaj s kakovostno določeno in vpeto ploskvijo geoida v višinski sistem omogoča povezavo med geometričnimi višinami, dobljenimi z izmero GNSS s fizikalnimi višinskimi sistemi, ki povezujejo nivelmansko in gravimetrično izmero.

Temeljna geodetska višinska mreža Republike Slovenije je podana z višinami reperjev v normalnem ortometričnem sistemu višin, ki je zastarel in se je uveljavil v 19. stoletju, ko so se v Evropi izvajale prve obsežne izmere nivelmanskih mrež (npr. avstro-ogrška izmera). Višine točk niso določene na podlagi nivelmanske in gravimetrične izmere, ki je podlaga za vzpostavitev sodobnega višinskega sistema.

Poleg tega v sistemu normalnih ortometričnih višin ne obstaja geometrijska izhodiščna ploskev kot pri ortometričnih višinah (geoid) in normalnih višinah (kvazigeoid). V strategiji vzpostavitve novega višinskega sistema Slovenije je predvidena uvedba normalnih višin. Kot vse višine, ki temeljijo na težnosti, so normalne višine določene kot količnik geopotencialne kote in srednje vrednosti normalnega težnega pospeška vzdolž normale (normalne težiščne). Nov višinski sistem v Sloveniji lahko uvedemo na podlagi nove izmere nivelmanske mreže Slovenije in gravimetrične izmere na reperjih nivelmanske mreže.

Do konca leta 2010 je bilo izmerjenih približno 37% nivelmanskih linij. V prispevku je predstavljen predlog oštevilčevanja nivelmanskih poligonov in novo stabiliziranih reperjev. Opravljena je tudi analiza natančnosti merjenih višinskih razlik in analiza natančnosti določitve nadmorskih višin točk posameznih nivelmanskih poligonov.

## 2 PREDLOG OŠTEVILČEVANJA NIVELMANSKIH POLIGONOV IN REPERJEV

V Sloveniji poteka izmera nove nivelmanske mreže. Eden od ciljev, ki smo si ga zadali, je, da se novo izmerjene nivelmanske zanke sproti izravnajo, nove višine reperjev pa vnesejo v bazo geodetskih točk (Berk et al., 2007). Osnovni namen je, da uporabnikom čim prej omogočimo uporabo na novo določenih nadmorskih višin točk. Z uvajanjem sodobnega višinskega sistema je treba na novo oštevilčiti nivelmanske poligone in novo stabilizirane reperje.

### 2.1 Razdelitev nivelmanske mreže/poligonov

Pri razdelitvi nivelmanskih mrež smo ohranili delitev na višji in nižji red nivelmanskih mrež, predpisano s Pravilnikom o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (RGU, 1981). Predlog za razvrstitev nivelmanskih mrež v reda pa je:

#### *a) V višji red se razvrstijo:*

1. nivelmanska mreža I. reda – v nivelmansko mrežo I. reda so vključeni novo nivelirani in prevzeti stari nivelmanski poligoni. Nivelmanski poligoni se na novo oštevilčijo. Številčimo v smeri urinega kazalca (desnosučno) in sledimo oštevilčevanju nivelmanskih zank (od 1 do n). Dovoljena odstopanja za razliko obojestransko merjenih višinskih razlik in pri zapiranju nivelmanskih zank so enaka, kot so bila predpisana za stari NVN;
2. nivelmanska mreža mareografske postaje Koper;
3. nivelmanska mreža II. reda – preračunani nivelmanski poligoni starega I. reda, ki niso bili zajeti v novo izmero. Dovoljena odstopanja razlike obojestransko merjenih višinskih razlik ter razlike med dano in merjeno višinsko razliko so enaki, kot so bili predpisani za stari I. red. Nivelmanske poligone na novo oštevilčimo;
4. mestna nivelmanska mreža I. reda.

*b) V nižji red se razvrstijo:*

1. nivelmanske mreže III. in IV. reda – v III. in IV. red se razvrstijo preračunani stari nivelmanski poligoni II., III. in IV. reda glede na dopustno odstopanje med merjeno in dano višinsko razliko, ki ga dosežejo. Nivelmanski poligoni se po potrebi na novo oštevilčijo;
2. mestne nivelmanske mreže II. reda.

## 2.2 Oštevilčevanje reperjev

Številka reperja je sestavljena iz treh delov: **N112057** (*N* – nova/normalna višina, **red nivelmanskega poligona: 1**, **številka nivelmanskega poligona: 12**, **zaporedna številka reperja na nivelmanskem poligonu: 057**).

Zaporedno številko reperja na nivelmanskem poligonu dobijo vsi na novo stabilizirani reperji. Novo številko dobijo tudi obstoječi reperji, ki so označeni z na primer R20 ali samo s številko, na primer 25. Številke ohranijo stari reperji višjih redov, katerih oznaka je sestavljena iz črk (pred) in številke (na primer HM404, FR1014, PN5001, CP412 ...) ali rimske številke, to so reperji, katerih številka je odtisnjena na glavi reperja (običajno PN in številka). Reperji, ki so vključeni v nivelmansko mrežo mareografske postaje Koper, so oštevilčeni s številkami od 9000 naprej.

## 2.3 Vnos izravnanih nadmorskih višin v bazo geodetskih točk

Na novo nivelirane višinske razlike v nivelmanskih zankah bodo določene v sistemu normalnih višin. Hkrati z izravnavo normalnih višinskih razlik bomo sproti preračunali in razporedili v rede nivelmanske poligone in mestne nivelmanske mreže, ki se navezujejo reperje, izmerjene na novo. Če navezovalni reper za mreže nižjih redov ni več ohranjen, je treba na novo navezati stare nivelmanske izmere na novo določene reperje.

Do končnega izračuna normalnih višin (izravnave celotne nivelmanske mreže) se v bazo podatkov vnesejo višine, zaokrožene na milimetre. Pri nadaljnjih izravninah nivelmanske mreže, ki bodo vključevale novo izmerjene nivelmanske zanke, bomo že izravnane nadmorske višine novo izmerjenih reperjev spremenili, če se bo nadmorska višina reperja spremenila za več kot  $\pm 5$  mm.

## 3 ANALIZA IN OCENA NATANČNOSTI MERJENIH VIŠINSKIH RAZLIK

Do konca leta 2010 je bilo izmerjeno sedem nivelmanskih zank. Podatki o izmeri nivelmanske zanke 9 še niso obdelani, saj je treba izvesti dodatne meritve na območju Črnomlja. Zanka 9 tako ni vključena v analizo nivelmanske izmere (slika 1). Na sliki 1 in v preglednici 1 so zbrani osnovni statistični podatki o nivelirani nivelmanski mreži.

	Število	Min./maks. dolžina	Povprečna dolžina
Nivelmanske zanke	7 (4 <sup>1</sup> )	134,07 km/213,05 km	175,81 km
Nivelmanski poligon	16	5,92 km/128,68 km	37,68 km
Nivelmanske linije	751	19 m/1668 m	750,5 m

Preglednica 1: Osnovni statistični podatki o nivelirani nivelmanski mreži

<sup>1</sup>Če združimo nivelmanski zanki 2 in 3, ter 6 in 7

V preciznem nivelmanu lahko ocenimo natančnost merjenja višinskih razlik na podlagi različnih meril. Analizo natančnosti merjenja višinskih razlik lahko izvedemo pred (a priori) in po (a posteriori) izravnavi merjenih višinskih razlik. Analizirali smo merjene višinske razlike, ki so popravljene za temperaturni popravek, srednjo vrednost popravka dolžine para nivelmanskih lat in razliko pet nivelmanskih lat.

### 3.1 A priori analiza natančnosti merjenih višinskih razlik

Pri preciznem nivelmanu vedno merimo višinske razlike obojestransko (tja in nazaj). Odstopanja, ki jih dobimo pri merjenju višinskih razlik v obe smeri, morajo biti manjša od dovoljenega odstopanja za niveliranje nivelmanske linije v eno in drugo smer, ki je predpisano za niveliranje nivelmanskih linij velike natančnosti (RGU, 1981). Analizo natančnosti merjenih višinskih razlik lahko naredimo na podlagi odstopanj obojestransko merjenih nivelmanskih linij in odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank.

#### a) Analiza natančnosti iz odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik nivelmanskih linij

Izmerjenih je bilo 751 nivelmanskih linij. Dovoljeno odstopanje je preseženo pri 12 nivelmanskih linijah, kar znaša 1,6% vseh izmerjenih linij. V analizo je bilo tako vključenih 739 nivelmanskih linij. V diagramu 1 so odstopanja obojestransko merjenih višinskih razlik primerjana z dovoljenim odstopanjem. Iz diagrama 1 vidimo, da je 44% odstopanj manjše oziroma enako 25% predpisanega dovoljenega odstopanja in okoli 76% odstopanj manjše od 50% dovoljenega odstopanja. Primerjava dejanskega odstopanja obojestransko merjenih višinskih razlik z dovoljenim odstopanjem za nivelmansko linijo kaže, da so rezultati izmere dobri.

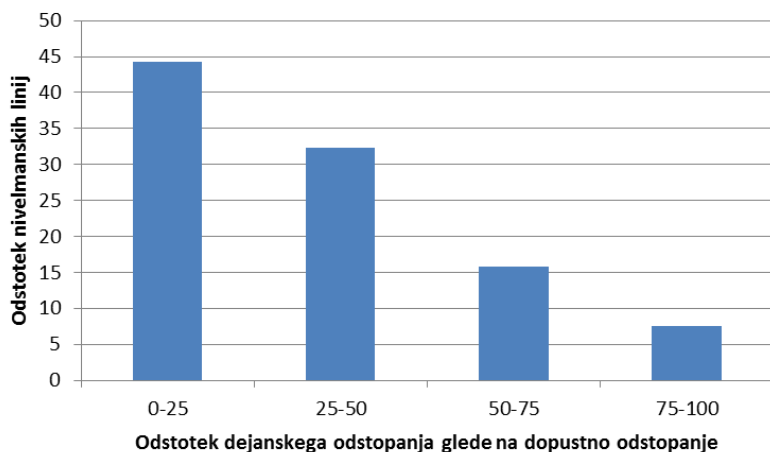


Diagram 1: Primerjava velikosti dejanskega odstopanja z dopustnim odstopanjem za posamezno nivelmansko linijo

Če želimo primerjati odstopanja posameznih nivelmanskih linij, jih moramo preračunati na utežno enoto oziroma na 1 km (Lyszkwicz in Bernatowicz, 2010). Tako smo odstopanje

posamezne nivelmanske linije (v mm) delili z dolžino linije (v km). Preračunana odstopanja na km nivelmanske linije smo vnesli v diagram 2. Iz diagrama 2 lahko vidimo, da se preračunana odstopanja na km izmerjene nivelmanske linije lepo normalno porazdelijo. Srednja vrednost odstopanja znaša 0,64 mm/km in standardni odklon 1,07 mm/km.

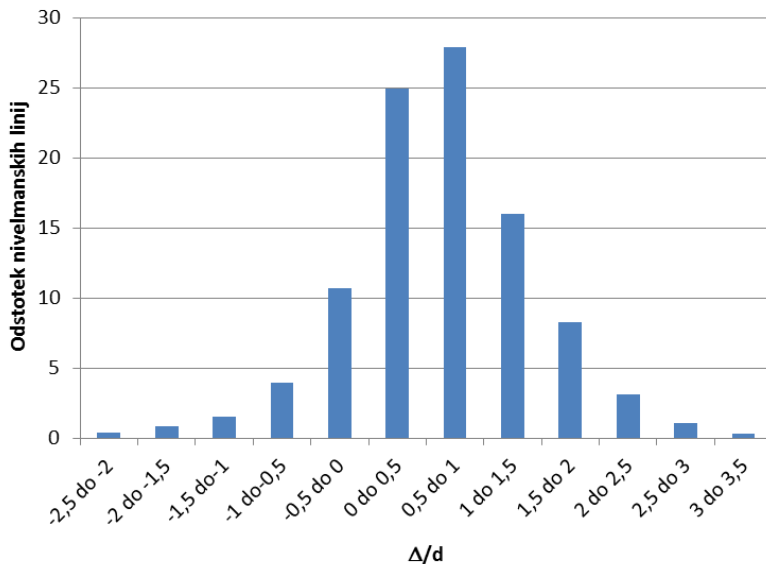


Diagram 2: Odstopanje obojestransko merjene višinske razlike, preračunano na km nivelmanske linije.

Na podlagi odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik si standardni odklon niveliranja 1 km nivelmanske linije v obe smeri izračunamo po enačbi (Haessler in Wachmuth, 1994):

$$\sigma_L^2 = \frac{1}{4 \cdot n_L} \left[ \frac{\rho^2}{d} \right]$$

kjer so,  $n_L$  število nivelmanskih linij,  $\rho$  odstopanje obojestransko merjene višinske razlike posamezne nivelmanske linije v milimetrih in  $d$  dolžina posamezne nivelmanske linije v kilometrih.

V spodnji preglednici so zbrani statistični podatki in analiza natančnosti za posamezne nivelmanske poligone.

Iz preglednice 2 vidimo, da znaša standardni odklon niveliranja 1 km nivelmanske linije v obe smeri od 0,23 mm do 0,61 mm. Poleg tega lahko vidimo, da so vse razlike obojestransko niveliranih nivelmanskih poligonov pozitivne in znašajo od 2,11 m do 72,19 mm v nivelmanskem poligonu od Mosta na Soči do Kranjske Gore.

Zap. št.	Od	Do	$\Delta h_{tja}$ (m)	$\Delta h_{nazaj}$ (m)	$\Delta h_{srednji}$ (m)	d (km)	$\Delta$ (mm)	$\left[\frac{\rho^2}{d}\right]$	$\sigma_L$
1	2870	C-152	257,91679	-257,88110	257,89894	92,02	35,69	68,5283	0,35
2	C-152	MLVIII	95,87800	-95,85292	95,86546	26,16	25,08	30,4224	0,53
3	MLVIII	MLVII	-72,08242	72,08995	-72,08618	10,63	7,53	11,4883	0,33
4	MLVII	31/A6	30,96213	-30,95153	30,95683	9,97	10,61	16,8612	0,39
5	7	OP506	-339,48523	339,50466	-339,49494	37,22	19,43	23,4461	0,35
6	OP506	2879	48,41552	-48,39434	48,40493	32,03	21,18	27,8412	0,36
7	2879	2870	327,05879	-327,03777	327,04828	23,31	21,02	42,9144	0,61
8	2870	7	618,18209	-618,10990	618,14600	91,47	72,19	106,8744	0,48
9	OP506	19	-103,75738	103,79192	-103,77465	37,41	34,54	65,1425	0,55
10	19	2879	152,19184	-152,16756	152,17970	39,32	24,28	38,4638	0,45
11	19	CP412	-55,02389	55,02600	-55,02494	24,32	2,11	54,5171	0,54
12	CP412	MN101	-4,28588	4,28855	-4,28721	5,92	2,67	1,8539	0,23
13	MN101	31a/6	-197,11666	197,13800	-197,12733	33,12	21,34	25,0400	0,42
14	MN101	A107	48,30289	-48,29321	48,29805	24,51	9,69	13,5524	0,29
15	A107	58	163,44364	-163,42369	163,43366	31,47	19,94	35,9332	0,51
16	58	MLVII	-45,57253	45,60278	-45,58765	46,30	30,25	36,4650	0,40

Preglednica 2: Podatki in ocena natančnosti nivelmanskih poligonov

## b) Analiza natančnosti iz odstopanj zapiranja nivelmanskih zank

Oceno natančnosti niveliranja 1 km nivelmanske linije v obe smeri lahko naredimo tudi na podlagi odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank. Oceno natančnosti si izračunamo po enačbi (Haessler in Wachmuth, 1994):

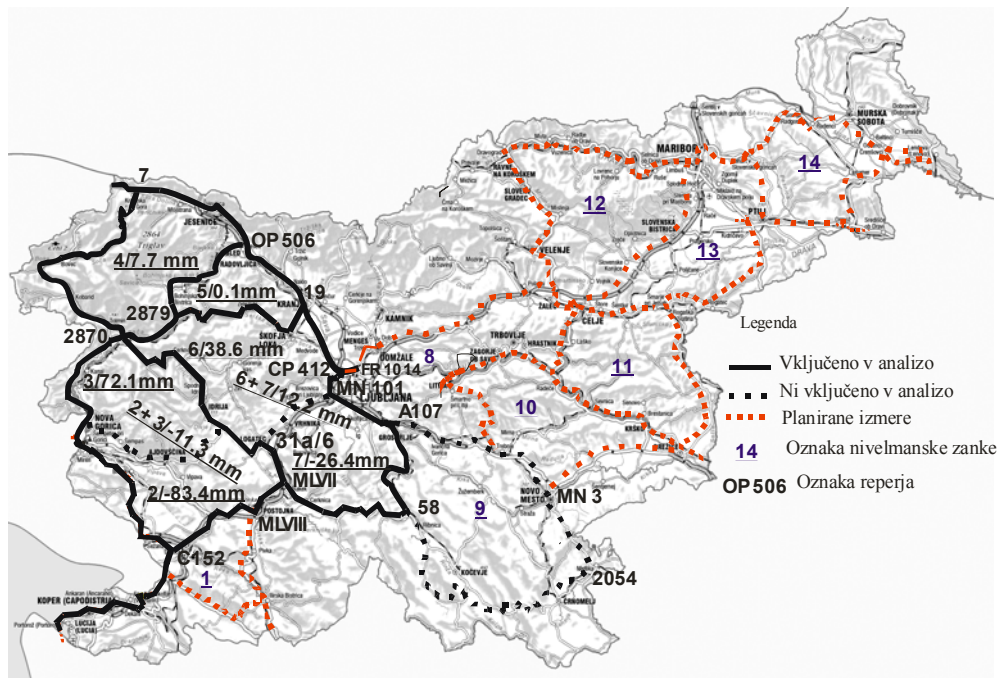
$$\sigma_z^2 = \frac{1}{n_z} \left[ \frac{f^2}{d} \right]$$

kjer so:  $n_z$  število nivelmanskih zank,  $f$  odstopanje pri zapiranju nivelmanskih zank v milimetrih in  $d$  dolžina posamezne nivelmanske zanke v kilometrih. V spodnji preglednici so zbrani podatki, na podlagi katerih je izračunana ocena natančnosti. Dovoljena odstopanja pri zapiranju nivelmanskih zank izračunamo po enačbi (RGU, 1981):

$$\Delta_{Dov} = 1 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$$

kjer je:  $d$  dolžina nivelmanske zanke v kilometrih.

Iz slike 1 in preglednice 3 je razvidno, da je odstopanje v nivelmanski zanki 2 in 3 bistveno večje od dovoljenega odstopanja, ki je izračunano po enačbi za zapiranje nivelmanskih zank nivelmana velike natančnosti (RGU, 1981). Razlog za tako veliko odstopanje je v nivelmanskem poligonu od Godoviča do Ajdovščine, pri katerem so višinske razlike velike in ki je bil problematičen že pri prejšnjih preračunih. Če združimo nivelmanski zanki, je odstopanje v združeni nivelmanski zanki manjše od dovoljenega odstopanja. Iz preglednice 3 tudi vidimo, da je odstopanje na meji dovoljenega tudi v zanki 6 in dokaj veliko v zanki 7. Zaradi tega je tudi ocena natančnosti niveliranja na podlagi zapiranja nivelmanskih zank slaba (1,66 mm). Predvidevamo, da je



Slika 1: Odstopanja pri zapiranju nivelmanskih zank

napaka v nivelmanskem poligonu MN101 - 31a/6 (Ljubljana–Kalice), ki ga bo treba podrobno analizirati. Zato smo za nadaljnjo analizo zanki 6 in 7 združili. Rezultat je, da se je bistveno povečala natančnost ocenjena na podlagi odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank (0,61 mm).

Številka zanke	f (mm)	d (km)	$\Delta_{Dov}$ (mm)	$\frac{f^2}{d}$
2	-83,35	154,486	33,30	/
3	72,09	168,081	36,03	/
2+3	-11,27	200,037	42,43	0,6347
4	7,71	213,050	45,04	0,2787
5	0,12	134,067	29,21	0,0001
6	38,59	186,529	39,73	7,9849
7	-26,43	145,359	44,25	4,8072
			$\left[ \frac{f^2}{d} \right]$	13,7056
			$\sigma_z$	1,66 mm
6+7	12,16	265,652	55,57	0,5565
			$\frac{f^2}{d}$	1,4700
			$\sigma_z$	0,61 mm

Preglednica 3: Statistični podatki in analiza natančnosti izmerjenih nivelmanskih zank



### 3.1 A posteriori analiza natančnosti merjenih višinskih razlik

#### a) Izravnava nivelmanske mreže

Merjene višinske razlike smo izravnali z računalniškim programom VimWin v. 4.1, ki smo ga razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (Ambrožič in Turk, 2004). Izravnana so vozlišča nivelmanskih zank in nato posamezni nivelmanski poligoni. Nivelmanska mreža je navezana na fundamentalni reper FR 1014, ki je stabiliziran v Črnučah. Standardni odklon merjenih višinskih razlik po izravnavi izračunamo po enačbi:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{[pvv]}{r}$$

kjer so:

$\hat{\sigma}_0$  . . . . standardni odklon utežne enote

$r$  . . . . . število nadštevilnih opazovanj

$p$  . . . . . utež

$v$  . . . . . popravek merjene višinske razlike po izravnavi

Standardni odklon utežne enote znaša 0,852 mm. V preglednici 4 so zbrani podatki o izravnanih nadmorskih višinah vozliščnih reperjev in ocena natančnosti določitve nadmorske višine reperjev.

Natančnost določitve nadmorskih višin vozliščnih reperjev znaša od 0,99 mm do 7,33 mm. Ugotovimo lahko, da so, glede na uporabljen instrumentarij in metodo izmere, odstopanja pri zapiranju nivelmanske zanke in izračunane natančnosti opravljenih izmer v pričakovanih mejah.

Reper	H (m)	$\sigma_H$ (mm)	Reper	H (m)	$\sigma_H$ (mm)
7	800,59492	6,97	MLVII	464,14315	6,44
OP506	461,09780	6,12	MLVIII	536,22846	6,79
19	357,32095	4,09	C152	440,36085	7,33
CP412	302,29423	0,99	2870	182,45429	5,99
MN101	298,00659	2,27	2879	509,50123	5,76
A107	346,30284	4,48	31a/6	495,10007	6,61
58	509,73419	5,79			

Preglednica 4: Nadmorske višine vozliščnih reperjev z oceno natančnosti

#### b) Izravnava nivelmanskih poligonov

Na podlagi izravnanih nadmorskih višin vozliščnih reperjev in merjenih višinskih razlik smo izravnali posamezne nivelmanske poligone (glej preglednico 5). Po pravilniku (RGU, 1981) si dovoljeno odstopanje med dano in merjeno višinsko razliko za nivelmanske poligone 1. reda izračunamo po naslednji enačbi:

$$\Delta_{Dov} = 1.5 \cdot \sqrt{d + 0.04 \cdot d^2}$$

kjer je,  $d$  dolžina nivelmanskega poligona v kilometrih. Podatki za posamezne nivelmanske poligone so zbrani v preglednici 5.

Iz preglednice 5 lahko vidimo, da je standardi odklon po izravnavi višinskih razlik od 0,025 mm (MLVII-31a/6) do 0,795 mm (2870 - C-152), če ne upoštevamo nivelmanskega poligona od Ljubljane do Kalc (MN101 - 31a/6), ki ni bil vključen v izravnavo nivelmanske mreže. Omenjeni nivelmanski poligon lahko, glede na odstopanje med merjeno in dano višinsko razliko, razvrstimo v nivelmanski poligon 3. reda. V splošnem lahko trdimo, da so rezultati po izravnavi nivelmanskih poligonov odlični!

Zap. št.	Od	Do	d (km)	$\Delta$ (mm)	$\Delta_{Dov}$ (mm)	$\hat{\sigma}_0$	$\sigma_H$ Min/max (mm)
1	2870	C-152	92,02	7,63	31,1	0,795	0,52/3,81
2	C-152	MLVIII	26,16	2,17	11,0	0,424	0,28/1,08
3	MLVIII	MLVII	10,63	0,89	5,8	0,273	0,25/0,44
4	MLVII	31a/6	9,97	0,08	5,6	0,025	0,02/0,04
5	7	OP506	37,22	-2,18	14,4	0,357	0,18/1,09
6	OP506	2879	32,03	-1,50	12,8	0,265	0,22/0,75
7	2879	2870	23,31	1,34	10,1	0,278	0,13/0,67
8	2870	7	91,47	-5,39	31,0	0,564	0,53/2,69
9	OP506	19	37,41	2,15	14,5	0,352	0,28/1,07
10	19	2879	39,32	0,55	15,1	0,088	0,05/0,27
11	19	CP412	24,32	-1,80	10,4	0,365	0,14/0,90
12	CP412	MN101	5,92	-0,42	4,1	0,173	0,11/0,21
13	MN101	31a/6	33,12	-33,86	13,2	5,884	5,17/16,92
14	MN101	A107	24,51	-1,79	10,4	0,362	0,19/0,89
15	A107	58	31,47	-2,29	12,6	0,408	0,31/1,14
16	58	MLVII	46,30	3,36	17,2	0,494	0,33/1,68

Preglednica 5: Statistični podatki in ocena natančnosti izravnanih nivelmanskih poligonov

#### 4 SKLEP

Do konca leta 2010 je bilo izmerjene 37 % nivelmanske mreže. Ker je bil izmerjen zahodni hriboviti/gorski del Slovenije, za katerega so značilne velike višinske razlike med vozliščnimi reperji, lahko ugotovimo, da so rezultati odlični. Tako je okoli 76 % odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik manjše od polovice predpisanega dovoljenega odstopanja. Ocena natančnosti niveliranja 1 km nivelmanske linije v obe smeri, ki smo jo izračunali na podlagi zapiranja nivelmanskih zank, znaša 0,61 mm in na podlagi popravkov merjenih višinskih razlik po izravnavi 0,85 mm. Zadovoljni smo lahko tudi z doseženo natančnostjo po izravnavi nivelmanskih poligonov, saj je pri 87 % (13) nivelmanskih poligonov ocena natančnosti boljša od 0,5 mm.

Podobno dobre rezultate dobimo pri oceni natančnosti določitve nadmorskih višin reperjev. Tako so nadmorske višine vozliščnih reperjev določene z natančnostjo od 0,99 mm do 7,33

mm. Pričakovano so boljši rezultati doseženi pri oceni natančnosti določitve nadmorskih višin reperjev v nivelmanskih poligonih, kjer so nadmorske višine določene z natančnostjo do 3,81 mm.

Seveda ne smemo pozabiti na težave, ki smo jih zasledili pri opravljeni analizi izmerjenih nivelmanskih linij in so povezane z dvojnimi oštevilčevanjem nivelmanskih reperjev, s prevelikim odstopanjem v zanki 2 in 3 ter velikim odstopanjem v zanki 6 in 7. V navedenih primerih bo treba podrobno analizirati nivelmanska poligona od Godoviča do Ajdovščine in Ljubljane do Kalc. Poiskati bo treba vzroke za slabe rezultate, ki, glede na uporabljen instrumentarij in metodo izmere, bistveno odstopajo od rezultatov izmer na drugih delih nivelmanske mreže in od pričakovanih rezultatov.

Trenutni rezultati pri uvajanju sodobnega višinskega sistema v Sloveniji, skupaj s preračunom ploskve geoida in vključitvijo ploskve geoida v višinski sistem Slovenije, kažejo, da bomo dobili višinski sistem, ki bo omogočal bolj kakovostno, natančno in zanesljivo uporabo GNSS-višinomerstva v praksi. Seveda se moramo zavedati, da bomo višine še vedno lahko določili z nekajcentimetrsko natančnostjo. Uporaba GNSS-višinomerstva, vključno z uporabo posnetkov LIDAR za potrebe vodarjev, pa bo, tako kot danes, še vedno zahtevala veliko pazljivosti, profesionalnosti, strokovne usposobljenosti in ne nazadnje odgovornosti, ki se kaže v ustreznem georeferenciranju posnetkov LIDAR. Tudi v prihodnje bo treba georeferenciranje posnetkov LIDAR preverjati na terenu in jih nikakor ne bo mogoče opraviti brez ustreznih »klasičnih« meritev in ustrezne terenske kontrole. Vse to spada k profesionalnemu, strokovnemu delu in odgovornosti v zvezi s kakovostjo podatkov, ki jih predajamo naročniku oziroma drugim strokam.

## Zahvala

Članek je nastal na podlagi rezultatov projekta »Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji«. Projekt je bil podprt z donacijo Norveške prek Norveškega finančnega mehanizma, in sicer v skladu s sporazumom o dodelitvi nepovratnih sredstev SI0004-SGN-00085-E-V3-NFM.

## Literatura in viri:

- Ambrožič, T., Turk, G. (2004). *Navodila za uporabo programa Win ViM*. Ljubljana, UL FGG, Oddelek za geodezijo.
- Berk, S. et al. (2008). *Razvoj DGS 2007: prehod na nov koordinatni sistem: končno poročilo*. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.
- Haessler, J., Wachsmuth, H. (1994). *Formelsammlung fuer den Vermessungsberuf*. 5. Auflage – Neu Uebearbeitet und wesentlich erweitert. Korbach, Nemčija. Wilhelm Bing Verlag.
- Lyszkowicz, A., Bernatowicz, A. (2010). *Accuracy evaluation of the successive campaigns of the precise levelling in Poland*. Technical Sciences, 13.
- Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (1981)*. Ljubljana. Republiška geodetska uprava.

**Prispelo za objavo: 3. maj 2011**

**Sprejeto: 23. maj 2011**

**doc. dr. Božo Koler, univ. dipl. inž. geod.**

UL FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: bozo.koler@fgg.uni-lj.si

**Nuša Vardjan, univ. dipl. inž. geod.**

Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska 12, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: nusa.vardjan@gov.si

**asist. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod.**

UL FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: tilen.urbancic@fgg.uni-lj.si