

# UPORABNOST IZBRANIH METOD DEFORMACIJSKE ANALIZE NA PRAKTIČNIH PRIMERIH GEODETSKIH MREŽ

APPLICABILITY OF SELECTED METHODS OF DEFORMATION ANALYSIS ACCORDING TO PRACTICAL EXAMPLES OF GEODETIC NETWORKS

*Blaž Mozetič, Dušan Kogoj, Tomaž Ambrožič*

UDK: 528.3

IZVLEČEK

*Temeljni problem, ki ga poskuša rešiti deformacijska analiza, je določitev stabilnosti točk oziroma določanje premikov točk v geodetski mreži. Uporabnost izbranih metod deformacijske analize (Hannover, Karlsruhe) in enostavnega postopka testiranja premikov točk je bila preizkušena na praktičnih primerih geodetskih mrež za ugotavljanje premikov in deformacij. V članku so predstavljeni postopki, rezultati in ugotovitve testiranja.*

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04

ABSTRACT

*The basic problem in deformation analysis is detection and determination of stability or displacement of the points in the geodetic network during two epochs. The applicability of the methods of deformation analysis (Hannover, Karlsruhe) and of the simple procedure for testing point displacement was tested on practical examples of geodetic networks for displacement and deformation detection. The procedure, results and assessments of the testing are described.*

## KLJUČNE BESEDE

*premik, deformacijska analiza, metoda Hannover, metoda Karlsruhe*

## KEY WORDS

*displacement, deformation analysis, Hannover method, Karlsruhe method*

## 1 UVOD

Naloga deformacijske analize je ugotavljanje premikov in deformacij tal in objektov v prostoru in času. V osnovi deformacijska analiza rešuje problem ugotavljanja stabilnosti referenčnih točk, ki so domnevno stabilne, in določanja značilnih premikov nestabilnih točk. Za testiranje značilnih premikov se uporabljajo metode statistične analize (Ambrožič, 1996). Obravnavani premiki so lahko zelo majhni, enaki velikostnemu redu natančnosti meritev, zato je treba oceno natančnosti in statistično analizo izvesti zelo skrbno in pazljivo. Napačne predpostavke o stabilnosti točk obravnavane geodetske mreže imajo lahko zelo hude posledice z vidika interpretacije izračunanih premikov kakor tudi z vidika napovedovanja porušitve objektov.

Namen testiranja izbranih metod deformacijske analize na praktičnih primerih geodetskih mrež je ugotoviti uspešnost posamezne metode ter odkriti prednosti in slabosti, ki izhajajo iz teoretičnih

predpostavk in postopka izračuna (Mozetič, 2005). Za različne položajne geodetske mreže želimo najti oziroma predlagati najprimernejšo metodo deformacijske analize.

## 2 UPORABLJENE METODE ZA UGOTAVLJANJE STABILNOSTI TOČK V TESTIRANJIH

Postopek deformacijske analize, ki temelji na geodetskih metodah, v splošnem razdelimo na naslednje osnovne faze (Caspary, 1988).

- 1. faza:** Vzpostavimo geodetsko mrežo in pripravimo načrt opazovanj ob upoštevanju zahtevane natančnosti koordinat. V kolikor je tudi deformacijski vzorec znan, ga upoštevamo v načrtu opazovanj.
- 2. faza:** Izvedemo analizo geodetskih opazovanj za vsako terminsko izmero posebej, vključno z odkrivanjem in izločanjem grobo pogrešenih opazovanj. Določimo tudi natančnost opazovanj.
- 3. faza:** Izvedemo ločeno izravnavo in odvisno od izbrane metode deformacijske analize tudi skupno izravnavo obravnavanih terminskih izmer z namenom pridobivanja informacij o premikih posameznih točk ter potrditvi stabilnosti skupine referenčnih točk. Rezultat te faze je vektor premikov točk obravnavanega objekta.
- 4. faza:** Predstavimo deformacijski vzorec s primernim deformacijskim modelom.

V testih smo uporabili enostavni postopek testiranja premikov točk ter metodo Hannover in metodo Karlsruhe, ki smo jih uporabili za ugotavljanje premikov in deformacij na praktičnih primerih geodetskih mrež.

### 2.1 Enostavni postopek testiranja premikov točk

Po izravnavi in analizi kakovosti rezultatov posamezne terminske izmere izračunamo premike identičnih točk in natančnost določitve premikov točk. V primerjavi z drugimi metodami deformacijske analize je ta način enostavnejši, zato ga imenujemo enostavni postopek testiranja premikov točk. Razlike položajev točk med dvema terminskima izmerama dajejo popolnoma zadovoljive rezultate oziroma informacije o premikih za potrebe mnogih inženirskih del (nalog). To velja v primeru zadostnega števila stabilnih točk ali če so premiki nekajkrat večji od natančnosti določitve premika (Savšek - Safić et al., 2003). Pri posebnih in zahtevnejših inženirskih delih pa se izvede postopek deformacijske analize po eni izmed znanih metod.

Z enostavnim postopkom testiranja premikov točk dobimo prvo informacijo o dogajanju v obravnavani geodetski mreži. Uporabniku je prepuščena odločitev, da glede na dejansko tveganje in posledice napačne odločitve presodi, ali je tveganje zanj še sprejemljivo ali ne. Če se uporabnik ne more odločiti, je najbolje, da stabilnost točk ugotovi z metodami deformacijske analize, ki so podrobneje opisane v nadaljevanju.

Podrobno je enostavni postopek testiranja premikov točk opisan v Savšek - Safić (2002).

### 2.2 Metoda Hannover

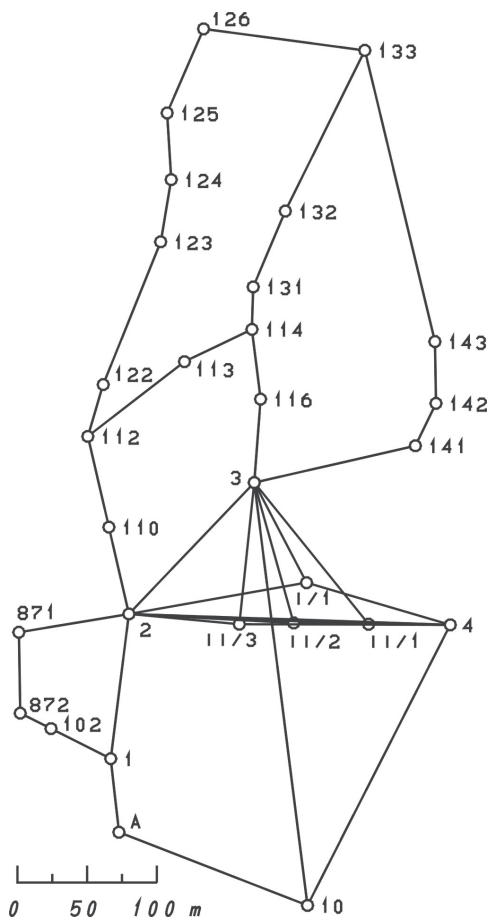
Bistvo metode Hannover je globalni test kongruence ali skladnosti rezultatov izravnave

obravnanih terminskih izmer geodetske mreže. Izračunati moramo srednje neujemanje dveh terminskih izmer, na podlagi katerega ugotovimo morebitne premike točk mreže. Seveda se vsaka terminska izmera neodvisno izravna pod predpostavko, da so opazovanja prosta grobih in sistematičnih pogreškov. Predpostavki metode Hannover sta:

- statistično enaka a posteriori referenčna varianca v obeh obravnanih terminskih izmerah in
- v obeh obravnanih terminskih izmerah se uporabljajo enake približne koordinate točk.

Potek metode Hannover lahko razdelimo na šest faz (Ašanin, 1986; Mihailović in Aleksić, 1994; Savšek - Safić, 2002):

- 1. faza:** ločeni izravnavi posameznih terminskih izmer,
- 2. faza:** testiranje homogenosti natančnosti opazovanj v dveh terminskih izmerah,
- 3. faza:** globalni test skladnosti mreže dveh terminskih izmer,
- 4. faza:** testiranje stabilnosti osnovnih točk mreže,



Slika 1: Geodetska mreža Jalovišče Boršt.

**5. faza:** lokalizacija nestabilnih osnovnih točk mreže in

**6. faza:** ugotavljanje premikov točk na objektu.

Podrobno je metoda Hannover opisana tudi v Ambrožič (2001).

### 2.3 Metoda Karlsruhe

Metoda Karlsruhe temelji na neodvisni izravnavi posamezne terminske izmere (predhodne in tekoče) in na skupni izravnavi obeh, lahko tudi več, terminskih izmer skupaj. Metodo Karlsruhe za ugotavljanje stabilnosti točk v geodetski mreži razdelimo na tri faze (Ašanin, 1986; Mihailović in Aleksić, 1994; Savšek - Safić, 2002):

- 1. faza:** izravnavna posamezne terminske izmere,
- 2. faza:** skupna izravnavna terminskih izmer in določitev nestabilnih točk med pogojno stabilnimi točkami in
- 3. faza:** končna izravnavna opazovanj in grafična interpretacija rezultatov.

Podrobno je metoda Hannover opisana tudi v Ambrožič (2004).

### 3 TESTIRANJE METOD NA PRAKTIČNIH PRIMERIH GEODETSKIH MREŽ

Testiranje metod deformacijske analize na praktičnih primerih geodetskih mrež je potekalo v štirih fazah. V prvi fazi smo izravnavali vsako mrežo posamezne terminske izmere kot prosto mrežo. V drugi fazi smo stabilnost točk ugotavljali z enostavnim postopkom. V tretji fazi smo ugotavljali premike točk z metodo Hannover, v četrti fazi pa z metodo Karlsruhe. Podana je primerjava rezultatov uporabljenih metod deformacijske analize.

Metode smo testirali na treh izbranih primerih položajnih geodetskih mrež, ki se uporabljajo za ugotavljanje premikov, in sicer:

- geodetska mreža Jalovišče Boršt,
- geodetska mreža Vrtine Boršt in
- geodetska mreža HE Moste.

Geodetske mreže so izravnavane po posredni metodi izravnavne kot proste mreže. Za obdelavo podatkov so bili uporabljeni naslednji programi:

- GeM ver. 3.1, mar. 97,
- Premik ver. 2.0, feb. 02 in
- DaH ver. 1.0, jun. 96.

#### 3.1 Geodetska mreža Jalovišče Boršt

Jalovišče Boršt, ki je nastalo kot posledica rudarjenja v Rudniku urana Žirovski vrh, se nahaja na jugovzhodnem pobočju Črne gore nad dolino Potoške grape. Na območju jalovišča in v njegovi neposredni okolici je bila vzpostavljena geodetska mreža za ugotavljanje premikov in deformacij.

točka	Enostavni postopek			Hannover		
	premik [mm]	smer [°]	stabilna	premik [mm]	smer [°]	stabilna
4	14,6	136	ne	14,6	136	da
102	21,0	340	ne	21,0	340	da
110	24,2	343	ne	24,2	343	da
116	19,4	12	ne	19,4	12	da
122	9,0	291	ne	9,0	291	da
123	16,5	174	ne	16,5	174	da
124	18,7	178	ne	18,7	178	da
126	16,9	194	ne	16,9	194	da
131	16,4	163	ne	16,4	163	da
132	17,1	182	ne	17,1	182	da
133	14,4	208	ne	14,4	208	da
141	8,6	134	ne	8,6	134	da
142	13,8	165	ne	13,8	165	da
143	10,1	171	ne	10,1	171	da
872	23,9	182	ne	23,9	182	da
A	18,7	341	ne	18,7	341	da
I/1	14,3	14	ne	14,3	14	da
II/2	14,8	7	ne	14,8	7	da
II/3	16,7	6	ne	16,7	6	da
1	19,2	355	ne	104,4	343	ne
2	18,1	8	ne	70,1	8	ne
3	18,2	28	ne	193,1	357	ne
10	22,2	126	ne	27,5	164	ne
112	19,9	304	ne	76,1	323	ne
113	32,7	290	ne	38,2	331	ne
114	7,3	37	ne	22,2	347	ne
125	17,2	172	ne	10,4	154	ne
871	14,9	145	ne	15,6	301	ne
II/1	8,7	138	ne	37,2	271	ne

**Preglednica 1:** Primerjava rezultatov različnih metod – Jalovišče Boršt.

Mrežo sestavljajo osnove točke in točke na jalovišču ter v njegovi širši okolici. Geometrija geodetske mreže ni bila načrtovana za potrebe deformacijske analize, zato ta geodetska mreža ni vzorčen primer tovrstne mreže. Izbrali smo jo z namenom ugotovitve uporabnosti metod deformacijske analize na neidealni geodetski mreži. Za potrebe našega testiranja smo iz celotne mreže uporabili samo določeno število izbranih točk.

Obravnavali smo dve terminski izmeri (Kogoj et al., 2005). Predhodna terminska izmera je prva izmera v letu 1994, tekoča terminska izmera pa je tretja izmera v istem letu. A priori standardni odklon v obeh terminskih izmerah za smeri je 3" in za dolžine 0,4 mm. Za obe terminski izmeri veljajo isti kvantitativni podatki izmere:

- število opazovanj  $n = 112$  (72 smeri in 40 dolžin),
- število neznank  $u = 83$  (58 koordinatnih in 25 orientacijskih),
- defekt mreže  $d = 3$  (merjene smeri in dolžine),
- število nadštevilnih opazovanj  $f = n - u + d = 32$ .

A posteriori standardni odklon enote uteži predhodne terminske izmere je 0,9650 in a posteriori standardni odklon enote uteži tekoče terminske izmere je 1,0868. Rezultati izravnave posameznih terminskih izmer so uporabljeni v nadaljevanju pri enostavnem postopku testiranja premikov točk, metodi Hannover in Karlsruhe. Izbrana stopnja značilnosti testa  $\alpha = 0,05$  je uporabljena v vseh statističnih testih.

V preglednici 1 so predstavljeni rezultati ugotavljanja stabilnosti točk z enostavnim postopkom testiranja premikov točk (okrajšava Premik) in metodo Hannover.

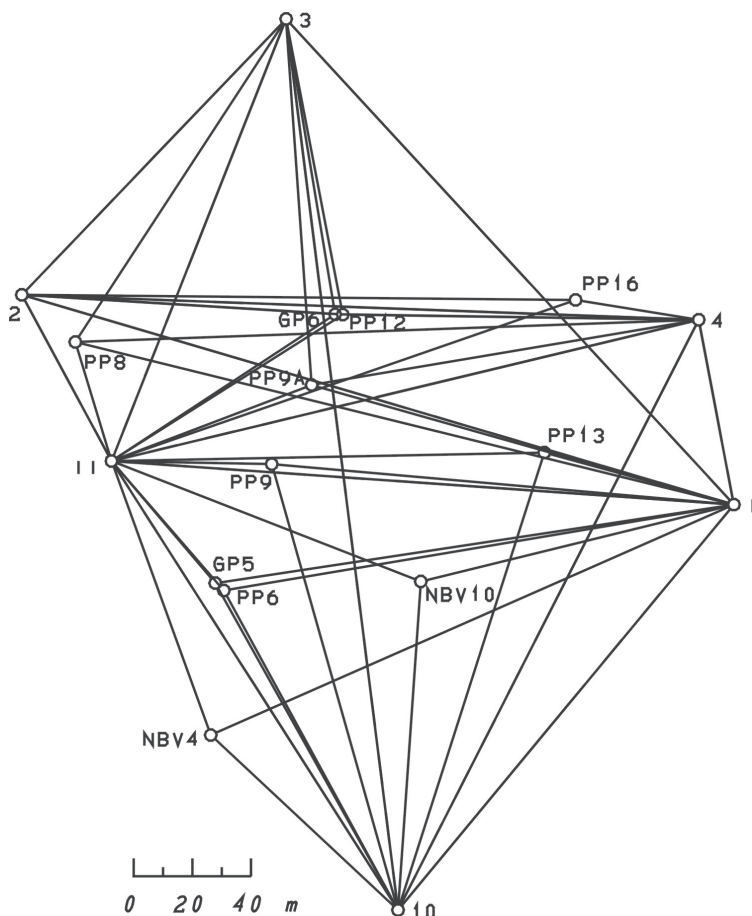
Rezultati, pridobljeni z metodo enostavnega postopka testiranja premikov točk, nam kažejo, da so vse obravnavane točke nestabilne. Vzrok za tak rezultat je treba iskati v definiciji testne statistike  $T$ , ki je podana kot kvocient velikosti premika  $d$  in natančnosti njegove določitve  $\sigma_d$ . V našem primeru je natančnost določitve premikov zelo visoka in tudi premiki so relativno veliki glede na natančnost njihove določitve. Iz tega sledi, da je vrednost testne statistike  $T$  velika in vedno presega kritično vrednost pri izbrani stopnji značilnosti testa  $\alpha = 0,05$ . Na podlagi rezultatov vse točke razglasimo za nestabilne, vendar je priporočljivo, da njihovo stabilnost oziroma nestabilnost ugotovimo tudi z metodami deformacijske analize. Rezultati ugotavljanja stabilnosti točk z enostavnim postopkom testiranja premikov točk in metodo Hannover so zelo različni, tako da je na osnovi njihove primerjave težko soditi o uporabnosti teh dveh metod na primeru geodetske mreže Jalovišče Boršt.

Geodetska mreža Jalovišče Boršt je neprimerna za obravnavo z metodo Karlsruhe. Pri tej metodi v posameznem iteracijskem koraku izpustimo iz izravnave po eno točko z vsemi pripadajočimi opazovanji. Ko izpustimo npr. točko 133, dobimo 10 slepih točk oziroma tri slepe poligonske vlake, kar je posledica slabše geometrije mreže. Osnovno načelo deformacijske analize je, da pridobimo koordinate točk obravnavane geodetske mreže na osnovi nadštevilnih meritev s postopkom izravnave. Metode Karlsruhe torej na primeru geodetske mreže Jalovišče Boršt ni bilo mogoče testirati.

### 3.2 Geodetska mreža Vrtine Boršt

Za ugotavljanje stabilnosti jalovišča Boršt so se izvedle dodatne meritve, ki tvorijo geodetsko mrežo Vrtine Boršt in vključujejo geodetska opazovanja kontrolnih reperjev ob piezometričnih in inklinometričnih vrtinah. Geometrija te geodetske mreže je razvidna iz slike 2. Iz mreže so bile izločene vse take točke, ki ob uporabi metode Karlsruhe postanejo slepe točke. Slepe točke

ne omogočajo nadzora nad opazovanji in jih zato ne želimo v geodetski mreži za ugotavljanje premikov in deformacij. Geometrija te geodetske mreže je vsekakor boljša kot geometrija geodetske mreže Jalovišče Boršt.



**Slika 2:** Geodetska mreža Vrtine Boršt.

Obravnavali smo dve terminski izmeri (Kogoj et al., 2004a, 2004b). Predhodna terminska izmera je izmera v letu 2000 in tekoča terminska izmera je izmera v letu 2003. A priori standardni odklon v predhodni terminski izmeri za smeri je 1,8" in za dolžine 0,7 mm. A priori standardni odklon v tekoči terminski izmeri za smeri je 2,0" in za dolžine 0,3 mm. Za obe terminski izmeri veljajo isti kvantitativni podatki izmere:

- število opazovanj  $n = 113$  (63 smeri in 50 dolžin),
- število neznank  $u = 40$  (34 koordinatnih in 6 orientacijskih),
- defekt mreže  $d = 3$  (merjene smeri in dolžine),
- število nadštevilnih opazovanj  $f = n - u + d = 76$ .

točka	Enostavni postopek			Hannover			Karlsruhe		
	premik [mm]	smer [°]	stabilna	premik [mm]	smer [°]	stabilna	premik [mm]	smer [°]	stabilna
2	1,4	94	ne	1,4	94	da			da
3	1,5	94	ne	18,9	12	ne			da
4	1,3	157	ne	1,3	157	da			da
10	0,9	270	da	0,9	270	da			da
GP5	2,6	184	ne	2,6	184	da			da
GP6	3,5	309	ne	3,5	309	da			da
I	2,5	317	ne	33,3	92	ne			da
II	3,3	101	ne	3,3	101	da	3,8	105	ne
NBV10	1,4	188	da	1,4	188	da			da
NBV4	1,1	333	da	1,1	333	da			da
PP12	3,3	301	ne	3,3	301	da			da
PP13	0,3	108	da	0,3	108	da			da
PP16	1,1	27	da	3,1	183	ne			da
PP6	2,2	183	ne	2,2	56	da			da
PP8	0,4	56	da	0,4	123	da			da
PP9	2,0	123	ne	2,0	351	da			da
PP9A	1,2	351	da	1,2	84	da			da

**Preglednica 2:** Primerjava rezultatov različnih metod – Vrtine Boršt.

A posteriori standardni odklon enote uteži predhodne terminske izmere je 0,9934 in a posteriori standardni odklon enote uteži tekoče terminske izmere je 0,9609. Rezultati izravnave posameznih terminskih izmer so uporabljeni v nadaljevanju pri enostavnem postopku testiranja premikov točk, metodi Hannover in Karlsruhe. Izbrana stopnja značilnosti testa  $\alpha = 0,05$  je uporabljena v vseh statističnih testih.

V preglednici 2 so predstavljeni rezultati ugotavljanja stabilnosti točk z enostavnim postopkom testiranja premikov točk, z metodo Hannover in z metodo Karlsruhe. Z enostavnim postopkom testiranja premikov točk smo ugotovili, da so premiki točk 2, I, II, PP6, PP9, PP12, GP5 in GP6 statistično značilni. Velikosti premikov omenjenih točk presegajo vrednosti  $3\sigma_d$ . Premika točk 3 in 4 ne presegata vrednosti  $3\sigma_d$ , vendar pa je tveganje za zavrnitev ničelne hipoteze manjše od izbrane stopnje značilnosti testa  $\alpha$ . V takih primerih je najboljšo, da stabilnost točk ugotovimo z metodami deformacijske analize. Pri enostavnem postopku testiranja premikov točk moramo vedno imeti v mislih definicijo testne statistike  $T$ . Odločiti se moramo o "kritični" velikosti premika, ki jo obravnavamo kot dejanski premik točke.

Z metodo Hannover smo v skladu s pričakovanji dobili drugačne rezultate o stabilnosti točk kot z enostavnim postopkom, vendar so si v nekaterih delih podobni. Na sedmih točkah od 17 obravnavanih točk je rezultat obeh metod enak. Na šestih točkah, katerih stabilnost je potrjena,



je rezultat popolnoma identičen. Največje so razlike pri točkah, katerih nestabilnost je ugotovljena z metodo Hannover. Razlike so v velikosti in smeri premikov.

Geometrija geodetske mreže Vrtine Boršt je taka, da omogoča tudi uporabo metode Karlsruhe. Rezultati ugotavljanja stabilnosti točk s to metodo so zelo podobni rezultatom metode Hannover. Razlike so na 4 točkah. Metoda Karlsruhe ne omogoča izračuna statistično neznačilnih premikov stabilnih točk kot metoda Hannover. Zato ne moremo primerjati velikosti premikov za točke 3, I in PP16. To je slabost te metode. Razlike v določitvi stabilnosti točk so posledica različnih predpostavk in načina poteka metode. To je lepo vidno pri točki II, ko smo z obema metodama deformacijske analize ugotovili po velikosti in smeri zelo podoben premik, vendar je z metodo Hannover stabilnost potrjena, z metodo Karlsruhe pa ne.

Ker so si rezultati ugotavljanja stabilnosti točk z metodama Hannover in Karlsruhe v geodetski mreži Vrtine Boršt zelo podobni, lahko zaključimo, da sta obe metodi uporabni za ugotavljanje stabilnosti točk v tej geodetski mreži.

### 3.3 Geodetska mreža HE Moste

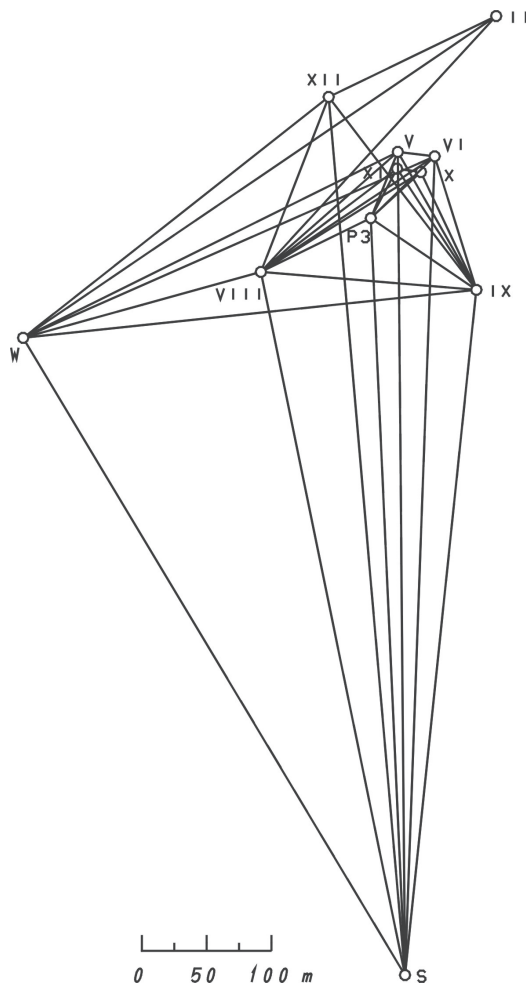
HE Moste obratuje od leta 1952 kot prva elektrarna na reki Savi. Pregrada je betonska in leži v najožjem delu savskega kanjona, v soteski Kavčke, pod Žirovnico. Je najvišja jezovna pregrada v Sloveniji, saj v višino meri 60 m. Geodetska mreža HE Moste je namenjena ugotavljanju stabilnosti jezovne zgradbe za hidroelektrarno Moste. Geometrija te geodetske mreže je najugodnejša od obravnavanih treh geodetskih mrež.

Obravnavali smo dve terminski izmeri. Predhodna terminska izmera je izmera v letu 2003 in tekoča terminska izmera je izmera v letu 2004. A priori standardni odklon v predhodni terminski izmeri za smeri je 1,0" in za dolžine 0,3 mm. A priori standardni odklon v tekoči terminski izmeri za smeri je 1,5" in za dolžine 0,3 mm. Za obe terminski izmeri veljajo isti kvantitativni podatki izmere:

- število opazovanj  $n = 102$  (68 smeri in 34 dolžin),
- število neznank  $u = 33$  (22 koordinatnih in 11 orientacijskih),
- defekt mreže  $d = 3$  (merjene smeri in dolžine),
- število nadštevilnih opazovanj  $f = n - u + d = 72$ .

A posteriori standardni odklon enote uteži predhodne terminske izmere je 1,0418 in a posteriori standardni odklon enote uteži tekoče terminske izmere je 0,9949. Rezultati izravnave posameznih terminskih izmer so uporabljeni v nadaljevanju pri enostavnem postopku testiranja premikov točk, metodi Hannover in metodi Karlsruhe. Izbrana stopnja značilnosti testa  $\alpha = 0,05$  je uporabljena v vseh statističnih testih.

Z enostavnim postopkom testiranja premikov točk smo dobili zanimive rezultate. Velikost statistično značilnih premikov je okrog 1 mm, saj je natančnost določitve teh premikov zelo dobra. Na osnovi testne statistike smo ugotovili, da so premiki točk S, VIII, X in P3 statistično značilni. Zopet se je treba vprašati, kaj pomeni premik velikosti 1 mm v našem primeru.



Z metodo Hannover smo ugotavljanje stabilnosti točk zaključili z globalnim testom stabilnosti osnovnih točk mreže, kar pomeni, da so vse obravnavane točke stabilne. Ugotavljanje stabilnosti točk z metodo Karlsruhe pa smo zaključili s fazo »skupna izravnava terminskih izmer in določitev nestabilnih točk med pogojno stabilnimi točkami«. To pomeni, da so vse obravnavane točke stabilne.

Ker so rezultati ugotavljanja stabilnosti točk z metodama Hannover in Karlsruhe v geodetski mreži HE Moste identični, lahko zaključimo, da sta obe metodi uporabni za ugotavljanje stabilnosti točk v tej geodetski mreži.

#### 4 ZAKLJUČKI

Na podlagi primerjave rezultatov ugotavljanja stabilnosti točk z enostavnim postopkom testiranja

premikov točk, metodo Hannover in metodo Karlsruhe za izbrane praktične primere geodetskih mrež lahko zaključimo, da je primerjava rezultatov smiselna le, če je geometrija geodetske mreže primerna.

Geometrija geodetske mreže Jalovišče Boršt je neprimerna za uporabo metod deformacijske analize. Rezultati ugotavljanja stabilnosti točk z enostavnim postopkom testiranja premikov točk in metodo Hannover so zelo različni, tako da je na osnovi njihove primerjave težko soditi o uporabnosti teh dveh metod na primeru geodetske mreže Jalovišče Boršt. Ugotavljamo, da je metoda Karlsruhe neuporabna za ugotavljanje stabilnosti točk v geodetski mreži Jalovišče Boršt.

točka	Enostavni postopek		Hannover		Karlsruhe	
	premik [mm]	stabilna	premik [mm]	stabilna	premik [mm]	stabilna
S	1,1	ne	1,1	da		da
W	0,5	da	0,5	da		da
II	1,2	da	1,2	da		da
V	0,4	da	0,4	da		da
VI	0,3	da	0,3	da		da
VIII	0,6	ne	0,6	da		da
IX	0,3	da	0,3	da		da
X	0,7	ne	0,7	da		da
XI	0,1	da	0,1	da		da
XII	0,3	da	0,3	da		da
P3	1,0	ne	1,0	da		da

**Preglednica 3:** Primerjava rezultatov različnih metod – HE Moste.

Geometrija geodetske mreže Vrtine Boršt je vsekakor primernejša kot geometrija geodetske mreže Jalovišče Boršt. Posledice primernejše geometrije mreže so vidne v primerjavi rezultatov ugotavljanja stabilnosti točk z enostavnim postopkom testiranja premikov točk, metodo Hannover in metodo Karlsruhe, kjer so rezultati zadnjih dveh metod zelo podobni. Sklepamo, da sta obe metodi uporabni za ugotavljanje stabilnosti točk v izbrani geodetski mreži.

Geometrija geodetske mreže HE Moste je najbolj ugodna od obravnavanih treh geodetskih mrež. Posledice takšne geometrije mreže so vidne v primerjavi rezultatov ugotavljanja stabilnosti točk z enostavnim postopkom testiranja premikov točk, metodo Hannover in metodo Karlsruhe, kjer so rezultati zadnjih dveh metod identični. Sklepamo, da sta obe metodi uporabni za ugotavljanje stabilnosti točk v izbrani geodetski mreži.

Na izbranih praktičnih primerih položajnih geodetskih mrež se je izkazalo, da je geometrija geodetske mreže zelo pomemben dejavnik v deformacijski analizi. Iz rezultatov analize je razvidno, da je potrebno zelo skrbno načrtovanje mreže ter izvedba in izvednotenje meritev v geodetski mreži za ugotavljanje premikov in deformacij.

**Zahvala:**

Avtorji članka se iskreno zahvaljujemo Rudniku Žirovski vrh, d.o.o. in Savskim elektrarnam Ljubljana, d.o.o., ki so nam dovolili uporabo podatkov izmer za opravljene analize.

**Literatura in viri:**

- Ambrožič, T. (1996). *Ocena stabilnosti točk v geodetski mreži. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo.*
- Ambrožič, T. (2001). *Deformacijska analiza po postopku Hannover. Geodetski vestnik, 45 (1 & 2), 38–53.*
- Ambrožič, T. (2004). *Deformacijska analiza po postopku Karlsruhe. Geodetski vestnik, 48 (3), 315–331.*
- Ašanin, S. (1986). *Prilog obradi i analiza geodetskih merjenja za određivanje pomerjenja i deformacija objekata i tla. Doktorska disertacija. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Inštitut za geodezijo.*
- Caspary, W. F. (1988). *Concepts of network and deformation analysis. Kensington: The University of New South Wales, School of Surveying.*
- Kogoj, D., Bogatin, S., Ambrožič, T., Stegenšek, B. (2004a). *Tretja izmera geodetske mreže Vrtine Boršt oz. Geodetska izmera kontrolnih reperjev ob piezometričnih in inklinometričnih vrtinah jalovišča HMJ Boršt Rudnika Žirovski vrh. Tehnično poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za geodezijo.*
- Kogoj, D., Bogatin, S., Ambrožič, T., Stegenšek, B. (2004b). *XXXVII. izmera horizontalnih in vertikalnih premikov jalovišča Boršt in XXXIII. izmera kontrolnih profilov 100 in 110 in XXXI. izmera kontrolnih profilov 120, 130 in 140. Tehnično poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za geodezijo.*
- Kogoj, D., Bogatin, S., Ambrožič, T., Stegenšek, B. (2005). *Precizne geodetske meritve stabilnosti Boršt 2005 oz. Geodetska izmera stabilnosti odlagališča HMJ Boršt Rudnika Žirovski vrh. Tehnično poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za geodezijo.*
- Mihailović, K., Aleksić, I. (1994). *Deformaciona analiza geodetskih mreža. Beograd: Univerzitet u Beogradu. Građevinski fakultet, Inštitut za geodezijo.*
- Mozetič, B. (2005). *Uporabnost izbranih metod deformacijske analize na praktičnih primerih geodetskih mrež. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo.*
- Savšek - Safić, S. (2002). *Optimalna metoda določanja stabilnih točk v deformacijski analizi. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo.*
- Savšek - Safić, S., Ambrožič, T., Stopar, B., Turk, G. (2003). *Ugotavljanje premikov točk v geodetski mreži. Geodetski vestnik, 47 (1 & 2), 7–17.*

**mag. Blaž Mozetič, univ. dipl. inž. geod.**

Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska 12, SI-1000 Ljubljana  
E-pošta: blaz.mozetic@gov.si

**izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana  
E-pošta: dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si

**doc. dr. Tomaz Ambrozic, univ. dipl. inž. geod., univ. dipl. inž. rud.**

FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana  
E-pošta: tomaz.ambrozic@fgg.uni-lj.si

**Prispelo v objavo: 8. november 2006**

**Sprejeto: 24. november 2006**