



# Realtidsuppdaterad fristation

Testmätningar BanaVäg i Väst

April 2011

Milan Horemuz

Kungliga Tekniska högskolan,  
Institution för Samhällsplanering och miljö  
Avdelningen för Geodesi och geoinformatik  
Teknikringen 72, SE-100 44 Stockholm

e-post: [horemuz@kth.se](mailto:horemuz@kth.se)

tel. 08-790 7335

## Introduktion

Testmätningarna utfördes i september och oktober 2009 av WSP med syfte att utvärdera repeterbarheten vid stationsetablering m.h.a RUFRIIS-metoden samt möjligheten att etablera stationspunktskoordinater samtidigt som spårinmätningar utförs.

Genomförandebeskrivning och teknisk rapport finns i följande filer:

*Genomförandebeskrivning fältmätning sommaren 2009 BViV.DOC*

*Testmätning BanaVäg i Väst.doc*

Mätningarna (totalstation + statisk GPS) utfördes på stationspunkterna 1001, 1002 och 1003. Från varje stationspunkt utfördes totalstationsmätningar mot "kända" bruksnätpunkterna 458088, 458268 och 458507 (se Figur 2) samt mot 40 – 90 gemensamma punkter. Mätningarna gjordes under följande dagar: 090930, 091001, 091005, 091006 och 091008. Vilka stationer mättes framgår ur Tabell 1.

## Bearbetning

Referenssystem: RV45

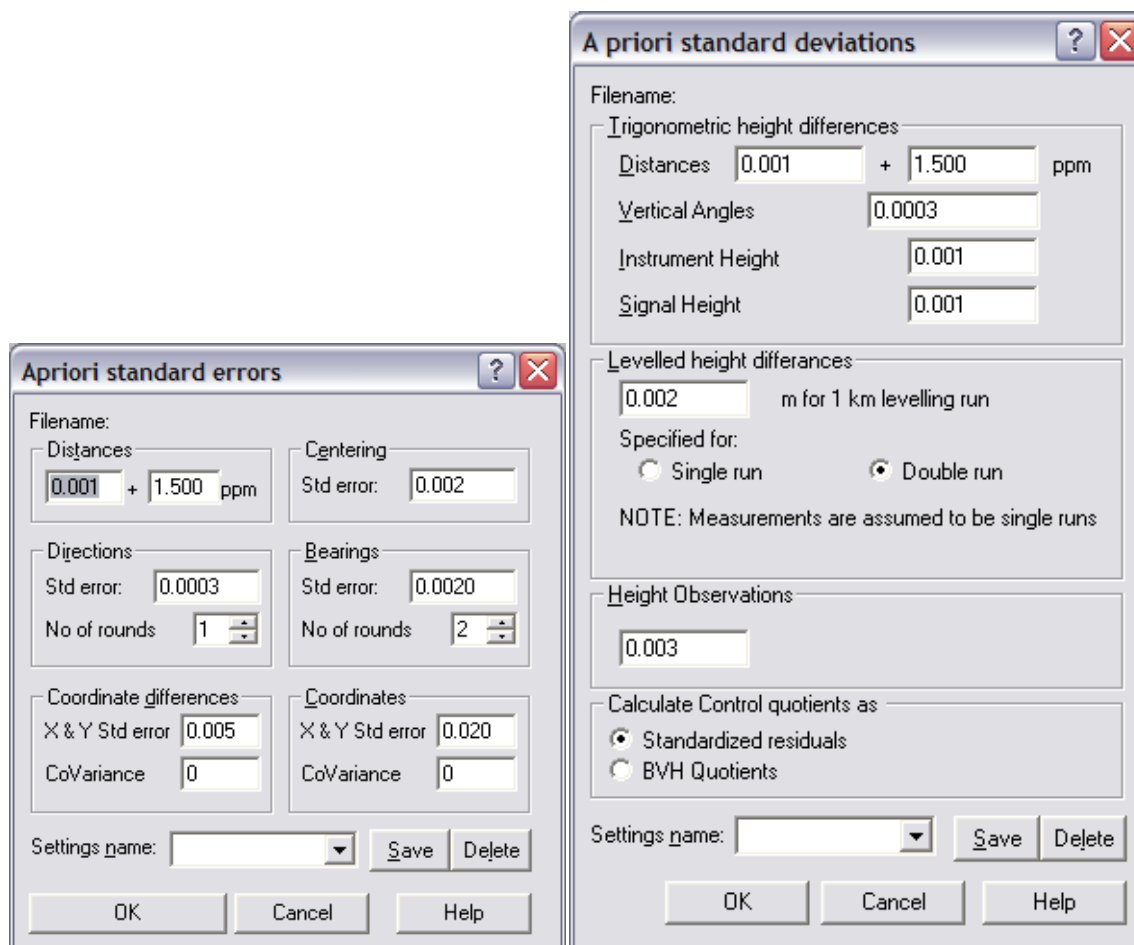
Punktnumrering: punktnummer av gemensamma punkter består av stationsnummer och löpnummer, t.ex. 1001045 betyder punkt 45 mätt från station 1001. Punktnumren från totalstationsmätningar är 1 större än punktnummern från RTK-mätningar. T.ex. om en gemensam punkt mätt från TS får nummer 1001045, motsvarande RTK punkt heter 1001044.

### Reduktioner

Alla totalstationsmätningar korrigerades för atmosfäriska och kartografiska korrekationer m.h.a. programvara GEO. Korrigerade mätningar är i GEO \*.plm-filerna med prefix cap\_.

### Nätutjämning

För att beräkna "facit" koordinater för stationspunkter 1001, 1002 och 1003., vi utförde både horisontal och vertikal utjämning i GEO. Horisontala koordinater och höjder av bruksnätpunkterna 458088, 458268 och 458507 var fixerade. Apriori medelfel användes vid horisontal och vertikal utjämning visas i Figur 1. I bägge utjämnings identifierades flera grova fel (outliers). Alla mätningar som fick standardresidualen större än 3 togs bort från utjämnings. Rapport från horisontal utjämning finns i filen horisontalutj.pdf och från vertikal utjämning vertikalutj.pdf.

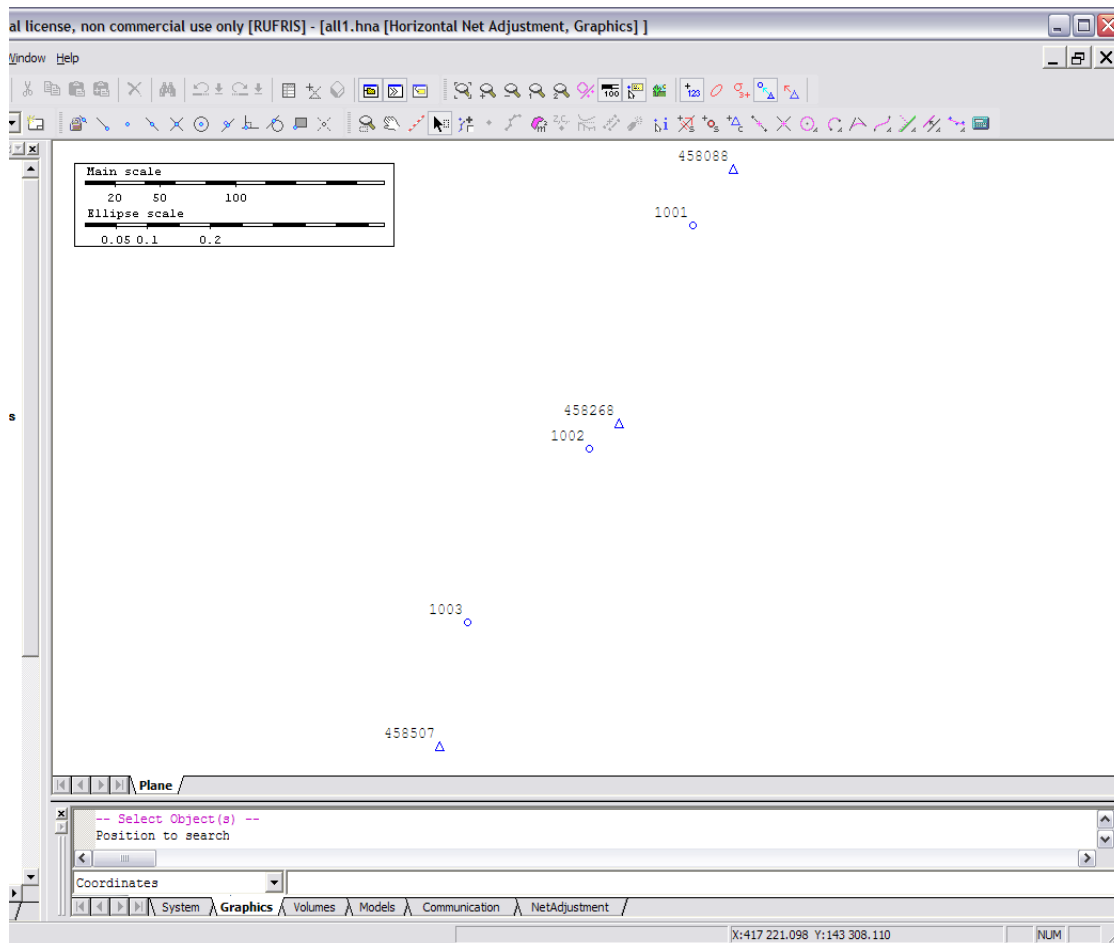


Figur 1. Apriori medelfel vid horizontal och vertical utjämning.

### Statisk GPS.

GPS mottagare monterat ovanpå totalstationen samlade statistiska observationer vid detaljmätningar. På varje station samlades 2 – 3 timmar data.

Statiska databearbetades m.h.a. Lantmäteriets beräkningstjänst (utfört av Lars Jämnäs), resultatet är i filen `statisk_gps_resultat.txt`. Detta resultat stämmer bra både med RUFERS-koordinater (Tabell 3) och koordinater beräknade ur totalstationsmätningar mot bruksnätpunkter (Tabell 4). De stora felen i höjd är troligen orsakade av ett fel vid höjdmätning av GPS-antenn.



Figur 2. Punkter som användes vid testmätningarna.

### Fristation: beräkning och jämförelse

Alla gemensamma punkter användes för att beräkna stationskoordinater. För utjämnningen använde vi Matlab programvara som utvecklades i samband med precisionsanalys studie. Viktningen baseras på följande standardfel:

Vinklar: 5 mm osäkerhet omräknades till osäkerhet i vinkel, beroende på avstånd

Längder: 1 mm + 1.5 ppm

RTK-koordinater: kovariansmatrisen från instrumentets lösning, hämtades från databasfiler

Antalet och geometri av gemensamma punkter, a-posteriori standardfel och felellipser visas i Bilaga 1.

Tabell 1 visar jämförelse mellan koordinater bestämda m.h.a. fristation och koordinater från nätutjämnningen.

**Tabell 1. Koordinatdifferenser, nätutjämnning minus RUFRRIS värden i [mm]. AO = antalet outliers fel vid RUFRRIS**

Datum (AO)	1001			1002			1003		
	dN	dE	dh	dN	dE	dh	dN	dE	dh
090930 (0)							1.0	3.2	-24.2
091001 (0)				2.6	5.7	-10.0			
091005 (0)				2.7	4.0	1.2			
091005-1 (0)				2.7	6.3	6.7			
091006 (1)	-1.6	4.7	-5.0						
091006-1 (29)	9.6	5.6	-5.6						
091008 (0)	0.3	6.5	5.2						

**Tabell 2. Koordinatdifferenser, ur bruksnätspunkter minus RUFRRIS, värden i [mm]**

	1001			1002			1003		
	dN	dE	dh	dN	dE	dh	dN	dE	dh
090930							-2.0	3.2	-24.2
091001				0.6	4.7	-1.1			
091005				2.7	6.0	1.2			
091005-1				1.7	8.3	1.7			
091006	0.4	4.7	-1.0						
091006-1	11.6	4.6	-0.6						
091008	2.3	6.5	4.2						

Tabell 3. Koordinatdifferenser, statisk GPS minus RUFRIIS, värden i [mm]

	1001			1002			1003		
	dN	dE	dh	dN	dE	dh	dN	dE	dh
090930							-2.4	-2.1	-21.4
091001				2.6	-2.6	2.6			
091005				4.0	-3.0	6.4			
091005-1				0.5	-1.3	-1.4			
091006	0.4	-2.2	3.3						
091006-1	13.7	-0.8	-0.3						
091008	3.5	-1.6	178.8						

Tabell 4. Koordinatdifferenser, statisk GPS minus beräkning ur bruksnätspunkter, värden i [mm]

	1001			1002			1003		
	dN	dE	dh	dN	dE	dh	dN	dE	dh
090930							-0.4	-5.3	2.8
091001				2.0	-7.3	3.7			
091005				1.3	-9.0	5.2			
091005-1				-1.2	-9.6	-3.1			
091006	0.0	-6.9	4.3						
091006-1	2.1	-5.4	0.3						
091008	1.2	-8.1	174.6						

Tabell 2 visar jämförelse mellan fristation beräknad från RTK-TS gemensamma punkter och fristation beräknad ur mätningar mot "kända" bruksnätpunkterna 458088, 458268 och 458507. Sistnämnda beräkningen utfördes i GEO, resultatet finns i följande filer:

090930\_1003.rep, koordinatmedelfelen  $\delta_n = 1$  mm,  $\delta_e = 1$  mm,  $\delta_h = 4$  mm

091001\_1002.rep, koordinatmedelfelen  $\delta_n = 0$  mm,  $\delta_e = 0$  mm,  $\delta_h = 2$  mm

091005-1\_1002.rep, koordinatmedelfelen  $\delta_n = 1$  mm,  $\delta_e = 1$  mm,  $\delta_h = 2$  mm

091005\_1002.rep, koordinatmedelfelen  $\delta_n = 2$  mm,  $\delta_e = 2$  mm,  $\delta_h = 4$  mm

091006\_1001.rep, koordinatmedelfelen  $\delta_n = 2$  mm,  $\delta_e = 1$  mm,  $\delta_h = 1$  mm

091006-1\_1001.rep, koordinatmedelfelen  $\delta_n = 2$  mm,  $\delta_e = 2$  mm,  $\delta_h = 2$  mm

091008\_1001.rep, koordinatmedelfelen  $\delta_n = 1$  mm,  $\delta_e = 1$  mm,  $\delta_h = 9$  mm

## Sammanfattning

Syftet med denna testmätning var att testa repeterbarhet. Det är svårt att bedöma absolutnoggrannhet, eftersom noggrannare facitkoordinater saknas. Repeterbarhet kan uttryckas som spridning av koordinater runt deras medelvärde. I vårt fall vi beräknade spridningen ur differenser mot facit värden – se Tabell 5 och ur upprepade mätningar på stationer 1002 och 1001 – se Tabell 6 och Tabell 7. Vi tog bort två avvikande koordinatvärden: höjden av punkt 1003 mätt 090930 och N-koordinat av punkt 1001 mätt 091006-1. Det första avvikande värdet orsakades troligen av ett fel vid mätning av instrumenthöjd, eller fel offsetvärde mellan prisma och GPS-antenn. Stort antal av outliers i mätningen 091006-1 pekar på något problem (stabilitet av prisma/GPS-antenn hållare?) vid denna mätning.

**Tabell 5. Repeterbarhet beräknat ur alla differenser från Tabell 2, värden i [mm].**

	N	E	h
Standardavvikelse	1.7	1.7	2.1
Max avvikelse	3.0	2.2	1.8
Min avvikelse	-1.8	-2.9	-3.5

**Tabell 6. Repeterbarhet beräknat ur upprepade mätningar på station 1002, värden i [mm].**

	N	E	h
Standardavvikelse	1.1	1.8	1.5
Max avvikelse	1.1	1.6	1.7
Min avvikelse	-1.0	-2.0	-1.1

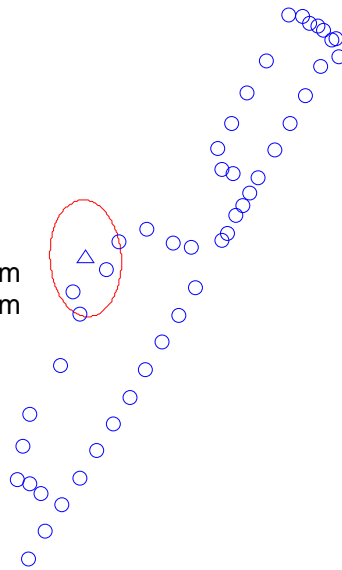
**Tabell 7. Repeterbarhet beräknat ur upprepade mätningar på station 1001, värden i [mm].**

	N	E	h
Standardavvikelse	1.3	1.1	2.9
Max avvikelse	1.0	0.7	1.9
Min avvikelse	-1.0	-1.2	-3.3

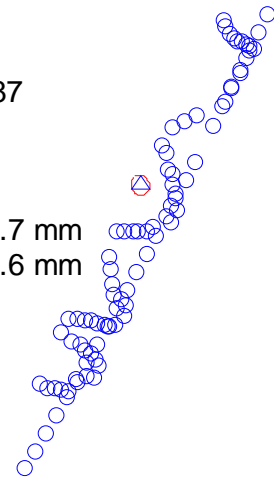
Repeterbarheten är bättre än 2 mm i horisontella koordinater och bättre än 3 mm i höjdd. Sämre repeterbarhet i höjdd kan förklaras dels med instrumenthöjdmätning (lägre precision jämfört med centrering) och dels med lägre noggrannhet i RTK-höjdmätning.

**Bilaga 1. RUFRIIS-beräkning, sammanfattning**

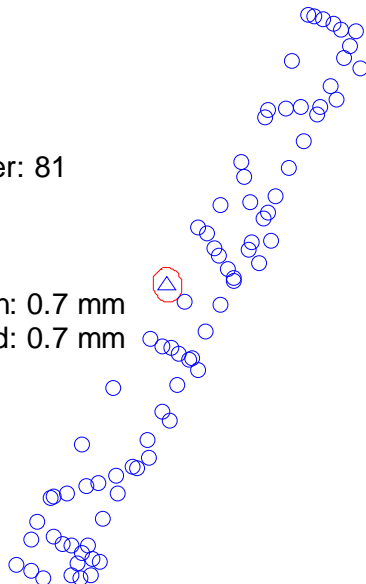
Station: 1003  
090930  
Antalet punkter: 49  
Felellips:  
a = 1.8 mm  
b = 1.1 mm  
Medelfel i plan: 2.2 mm  
Medelfel i höjd: 1.9 mm



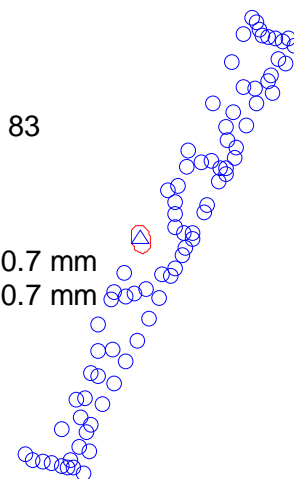
Station: 1002  
091001  
Antalet punkter: 87  
Felellips:  
a = 0.5 mm  
b = 0.4 mm  
Medelfel i plan: 0.7 mm  
Medelfel i höjd: 0.6 mm



Station: 1002  
091005  
Antalet punkter: 81  
Felellips:  
a = 0.6 mm  
b = 0.5 mm  
Medelfel i plan: 0.7 mm  
Medelfel i höjd: 0.7 mm

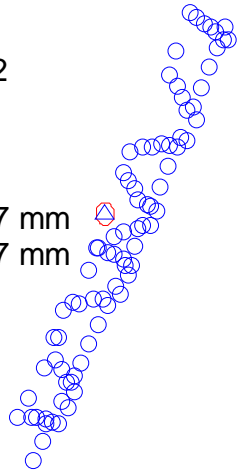


Station: 1002  
091005-1  
Antalet punkter: 83  
Felellips:  
a = 0.6 mm  
b = 0.4 mm  
Medelfel i plan: 0.7 mm  
Medelfel i höjd: 0.7 mm

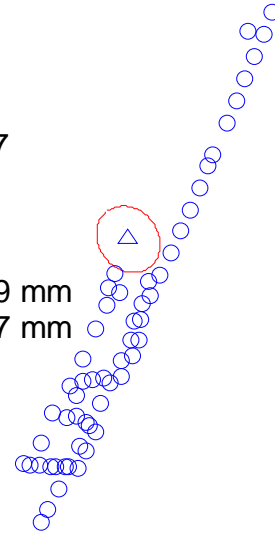




Station: 1001  
 091006  
 Antalet punkter: 82  
 Felellips:  
 $a = 0.5 \text{ mm}$   
 $b = 0.4 \text{ mm}$   
 Medelfel i plan:  $0.7 \text{ mm}$   
 Medelfel i höjd:  $0.7 \text{ mm}$



Station: 1001  
 091006-1  
 Antalet punkter: 57  
 Felellips:  
 $a = 1.5 \text{ mm}$   
 $b = 1.2 \text{ mm}$   
 Medelfel i plan:  $1.9 \text{ mm}$   
 Medelfel i höjd:  $1.7 \text{ mm}$



Station: 1001301  
 091008  
 Antalet punkter: 87  
 Felellips:  
 $a = 0.6 \text{ mm}$   
 $b = 0.5 \text{ mm}$   
 Medelfel i plan:  $0.8 \text{ mm}$   
 Medelfel i höjd:  $0.8 \text{ mm}$

