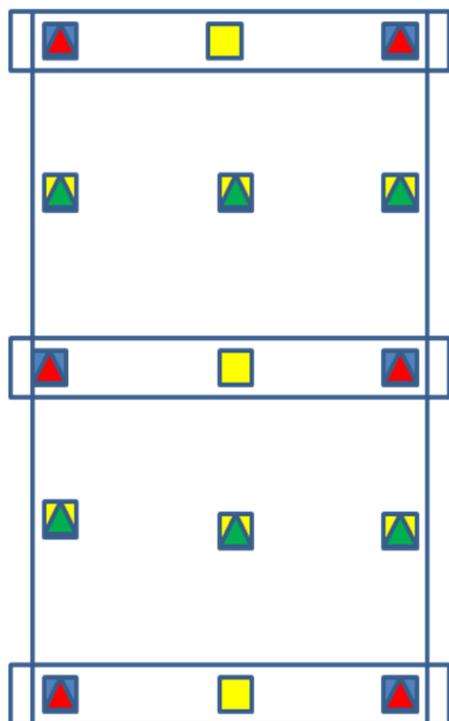


Ny Nationell Höjdmodell

**Leveransrapport,
Skanningsområde 09B008**



Innehållsförteckning

1	ALLMÄNT	3
2	FLYGBUREN LASERSKANNING.....	4
3	BERÄKNING AV STÖD- OCH KONTROLLYTOR	4
4	BERÄKNING AV BANDATA - GPS/INS	5
4.1	FLYGSESSION 10122GW45A	5
4.2	FLYGSESSION 10122GW45B	7
4.3	FLYGSESSION 10123GW45A	9
4.4	FLYGSESSION 10155AB14A.....	11
4.5	FLYGSESSION 11152AB14A.....	13
5	BERÄKNING AV 3D-PUNKTSVÄRM.....	15
5.1	ALLMÄNT.....	15
5.2	INSTALLATIONSKALIBRERING OCH DAGLIGKALIBRERING.....	15
6	GRANSKNING AV TÄTHET OCH FULLSTÄNDIGHET.....	16
7	KONTROLL AV STRÅKÖVERLAPP OCH STRÅKUTJÄMNING.....	18
8	INPASSNING MOT STÖDYTOR	20
8.1	HÖJDSTÖD	20
8.2	PLANSTÖD.....	21
9	JÄMFÖRELSE MOT KONTROLLYTOR	22
9.1	HÖDKONTROLLER	22
9.2	PLANKONTROLLER	23
10	ÖVRIGT.....	24

1 Allmänt

Denna rapport beskriver flygplansburen laserskanning och primär databearbetning gjord på uppdrag av Lantmäteriet. Området utgör en del av uppdraget att laserskanna Sverige för upprättande av Ny Nationell Höjdmodell.

Leveransen innehåller laserdata, både original och kvalitetssäkrade med georeferering, samt tillhörande banparametrar.

Tabell 1.1 Allmän information om denna leverans av skanningområde.

Skanningområde som berörs av rapporten	09B008
Teknisk specifikation – version	Teknisk specifikation - Flygburen laserskanning m.m. för produktion av Ny Nationell Höjdmodell (NNH) Version 1.2 Rev 3
Kvalitetsplan - version	Kvalitetsplan Ny Nationell Höjdmodell Version 1.0 Rev 2
Leveransformat för laserdata	LAS 1.2
Referenssystem i plan	Sweref 99 TM
Referenssystem i höjd	RH2000
Geoidmodell	SWEN08_RH2000

2 Flygburen laserskanning

Områdesbegränsningen definieras i en MicroStation Design fil som levereras i mappen /project/dgn

Tabell 2.1 Allmän information om flygningarna.

Datum för flygningar	2, 3 maj, 4 juni 2010, 1 juni 2011
Skanningsenhet	GW45, AB14
Skanningsparametrar	Standard enligt kvalitetsplan
Flygoperatör	Blom
Antal realiserade stråk	34
Eventuella avvikelser och problem, t.ex. - avbrutna stråk, omskanningar - omständigheter som inverkat negativt på insamlingen, väder etc. - problem vid registrering av GPS/IMU - övrigt	Området skannades först under 2010 men underkändes pga låg punkttäthet till följd av pitch. Därför har de stråk där problemen var störst kompletterats 2011. Eftersom skanningen då spände över flera vegetationsperioder levereras här både det ursprungliga datat och de omskannade stråken. Antalet realiserade stråk blir därmed ett annat än det planerade.
Eventuella åtgärder/beslut	

3 Beräkning av stöd- och kontollytor

För detaljerad information om stöd- och kontollytor hänvisas till respektive leverans av dessa.

Tabell 3.1 Information om stöd- och kontollytor som använts för det aktuella skanningområdet.

Månadsleverans för använda stöd- och kontollytor	1002_leveransrapport-tm.doc, 1011_leveransrapport-tm.doc
---	---

4 Beräkning av bandata - GPS/INS

Tabell 4.1 Översikt ingående flygsession

Flygsession
10122GW45A
10122GW45B
10123GW45A
10155AB14A
11152AB14A

4.1 Flygsession 10122GW45A

Tabell 4.2 Allmän information om flygsessionen

Gäller flygsession	
Datum	02.05.2010
Tid (UTC), från start till landning	09:55 – 14:46
Berörda stråk i skanningområdet	1, 10-14, 16-22
GPS referensstation	SWEPOS: Borås, Rörö
GPS beräkningsmetod	Combined Solution
Programvara för beräkningen	GrafNav Version 8.20.0522
Differansen mellan lösningar från olika baslinjer < 0.05m (Denna analys görs endast vid behov)	Behov finns ej
Gäller aktuell del av flygsession	
Fullständig GNSS/IMU-data	Ja
Problem eller avvikelse vid beräkningen samt eventuella åtgärder	Inga avvikelse att rapportera.
Gäller berörda flygstråk	
PDOP < 4	Ja
RMS < 0.05-0.08 m	Ja
BW/FW separation < 0.08 m	Ja

Nedan följer tre grafer som visar resultatet från GPS-beräkningen.

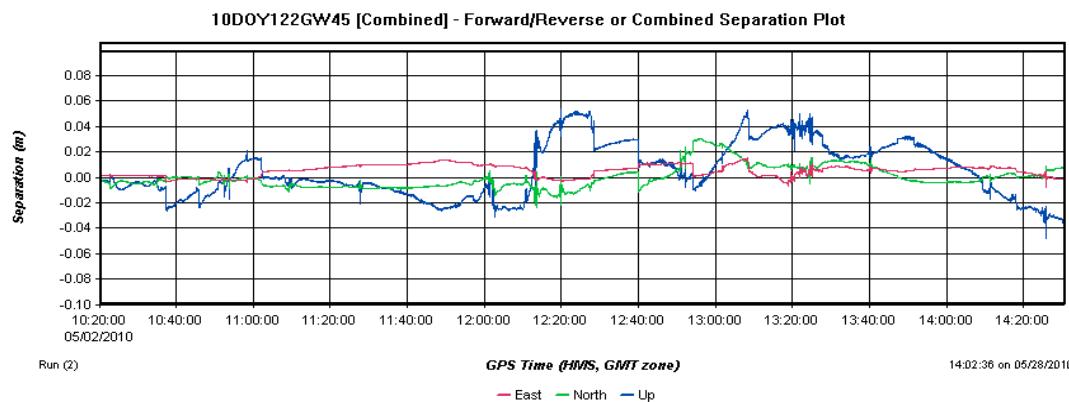


Bild 4.1 Separation mellan Forward/Backward-lösningen.

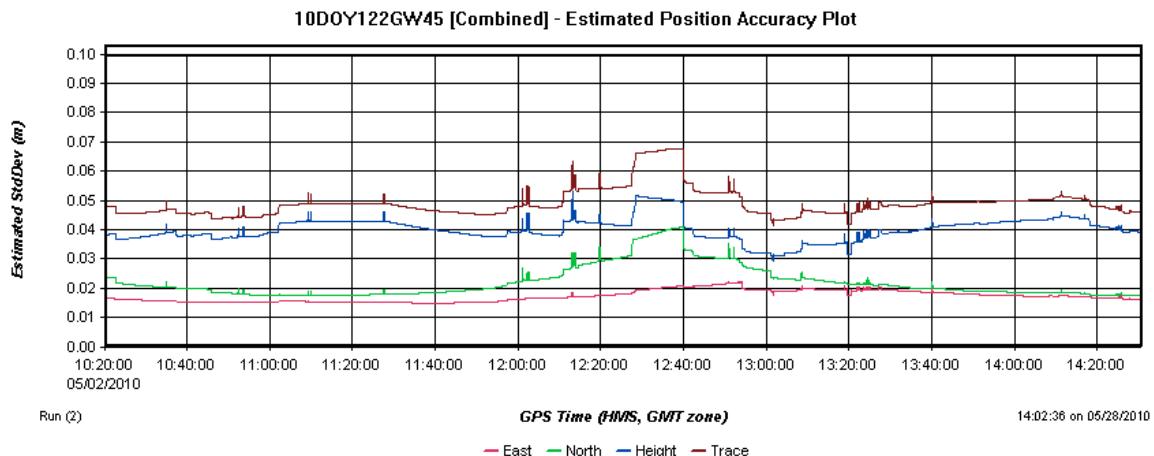


Bild 4.2 Estimerad precision i positionslösningen.

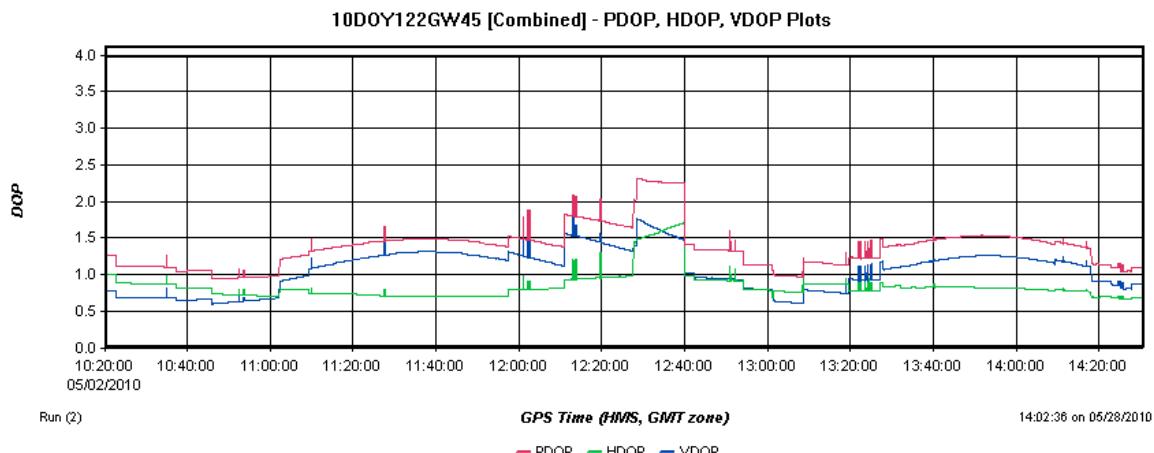


Bild 4.3 DOP-värden.

4.2 Flygsession 10122GW45B

Tabell 4.3 Allmän information om flygsessionen

Gäller flygsession	
Datum	02.05.2010
Tid (UTC), från start till landning	16:07 – 18:38
Berörda stråk i skanningområdet	2, 4-9
GPS referensstation	SWEPOS: Borås, Rörö
GPS beräkningsmetod	Combined Solution
Programvara för beräkningen	GrafNav Version 8.20.0522
Differansen mellan lösningar från olika baslinjer < 0.05m (Denna analys görs endast vid behov)	Behov finns ej
Gäller aktuell del av flygsession	
Fullständig GNSS/IMU-data	Ja
Problem eller avvikelse vid beräkningen samt eventuella åtgärder	Inga avvikelse att rapportera.
Gäller berörda flygstråk	
PDOP < 4	Ja
RMS < 0.05-0.08 m	Ja
BW/FW separation < 0.08 m	Ja

Nedan följer tre grafer som visar resultatet från GPS-beräkningen.

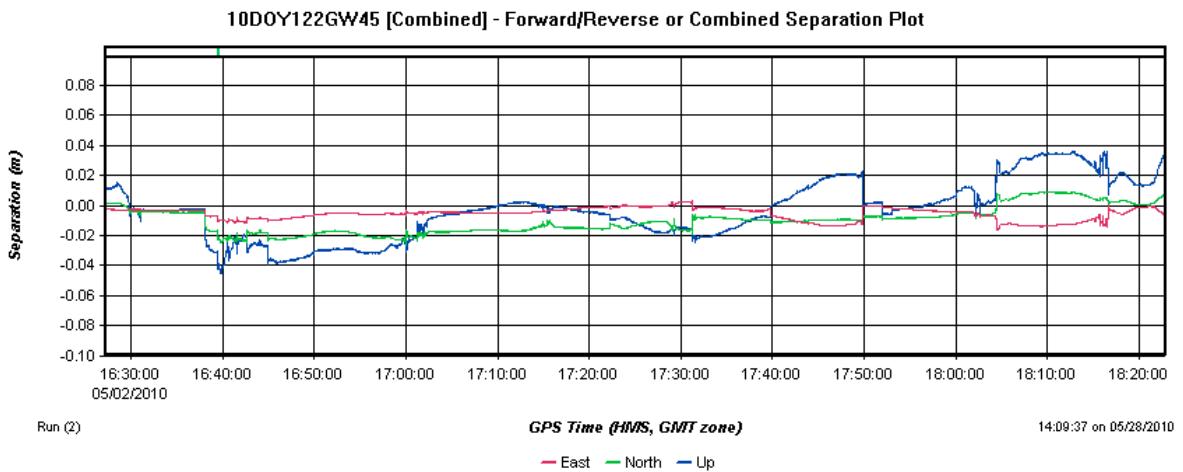


Bild 4.4 Separation mellan Forward/Backward-lösningen.

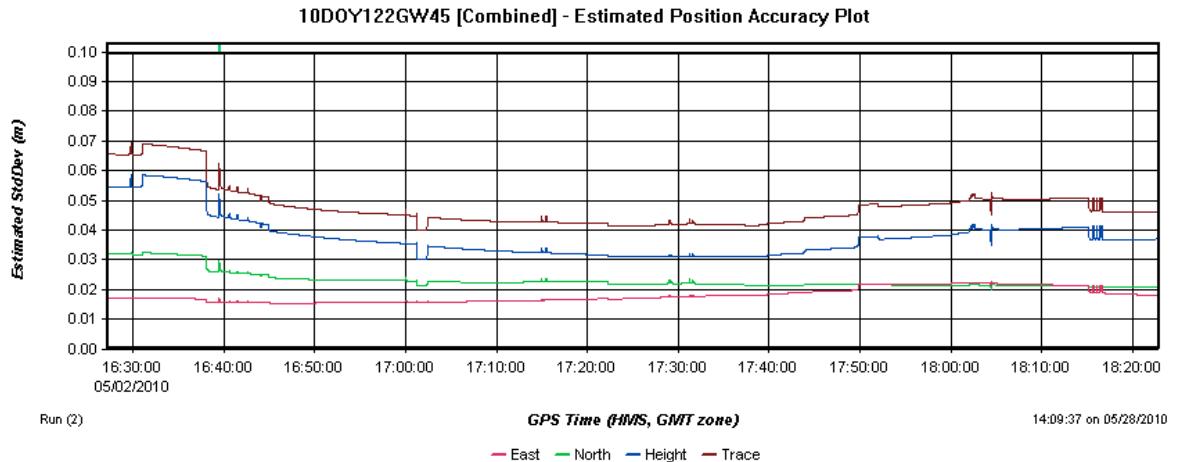


Bild 4.5 Estimerad precision i positionslösningen.

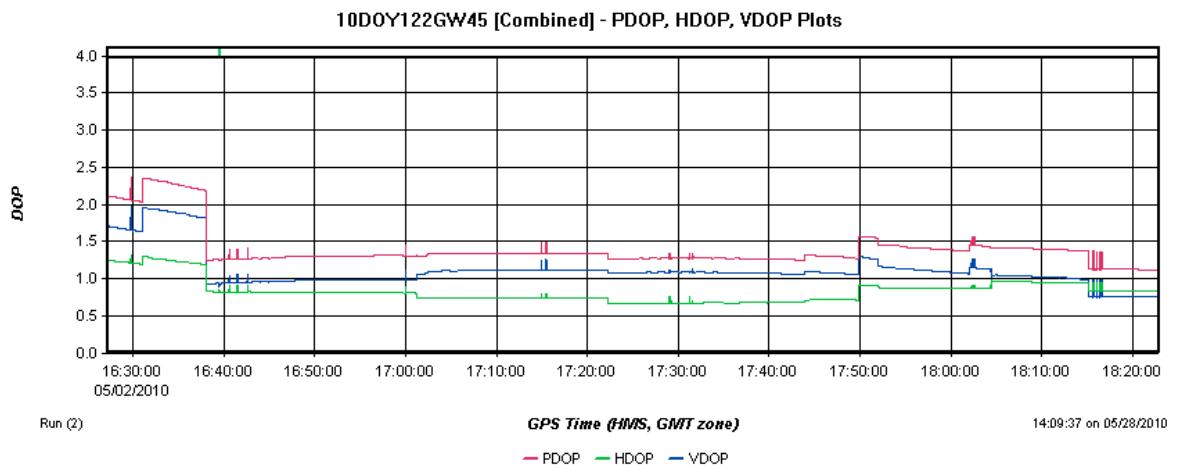


Bild 4.6 DOP-värden.

4.3 Flygsession 10123GW45A

Tabell 4.4 Allmän information om flygsessionen

Gäller flygsession	
Datum	03.05.2010
Tid (UTC), från start till landning	07:50 – 13:05
Berörda stråk i skanningområdet	3, 23, 24
GPS referensstation	SWEPOS: Rörö
GPS beräkningsmetod	Combined Solution
Programvara för beräkningen	GrafNav Version 8.20.0522
Differansen mellan lösningar från olika baslinjer < 0.05m (Denna analys görs endast vid behov)	Behov finns ej
Gäller aktuell del av flygsession	
Fullständig GNSS/IMU-data	Ja
Problem eller avvikelse vid beräkningen samt eventuella åtgärder	Inga avvikelse att rapportera.
Gäller berörda flygstråk	
PDOP < 4	Ja
RMS < 0.05-0.08 m	Ja
BW/FW separation < 0.08 m	Ja

Nedan följer tre grafer som visar resultatet från GPS-beräkningen.

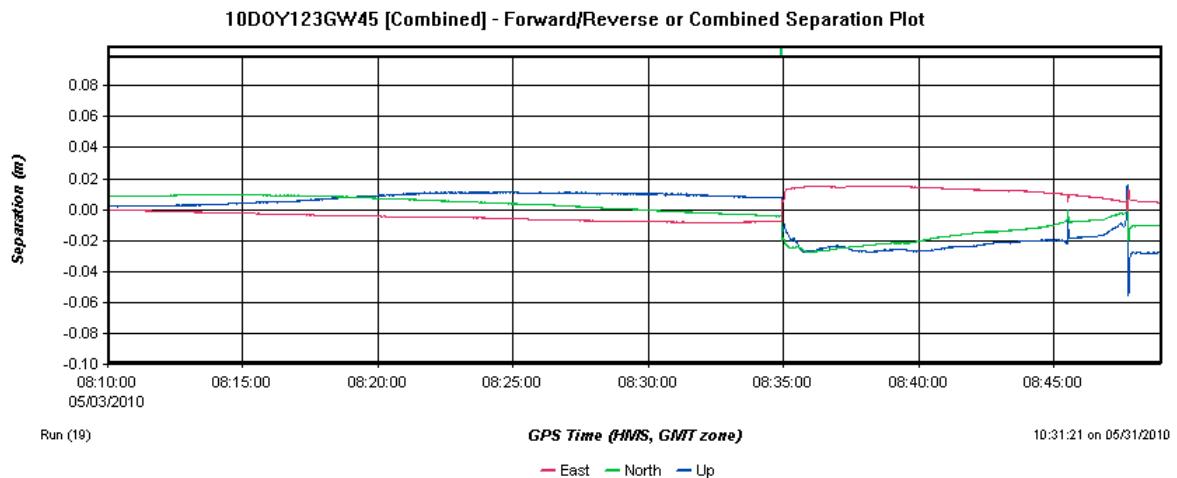


Bild 4.7 Separation mellan Forward/Backward-lösningen.

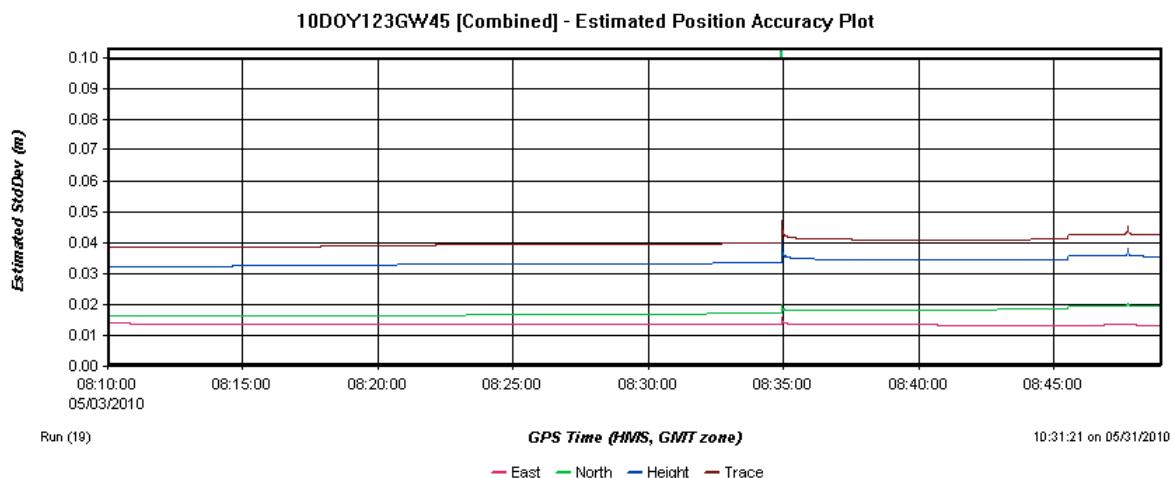


Bild 4.8 Estimerad precision i positionslösningen.

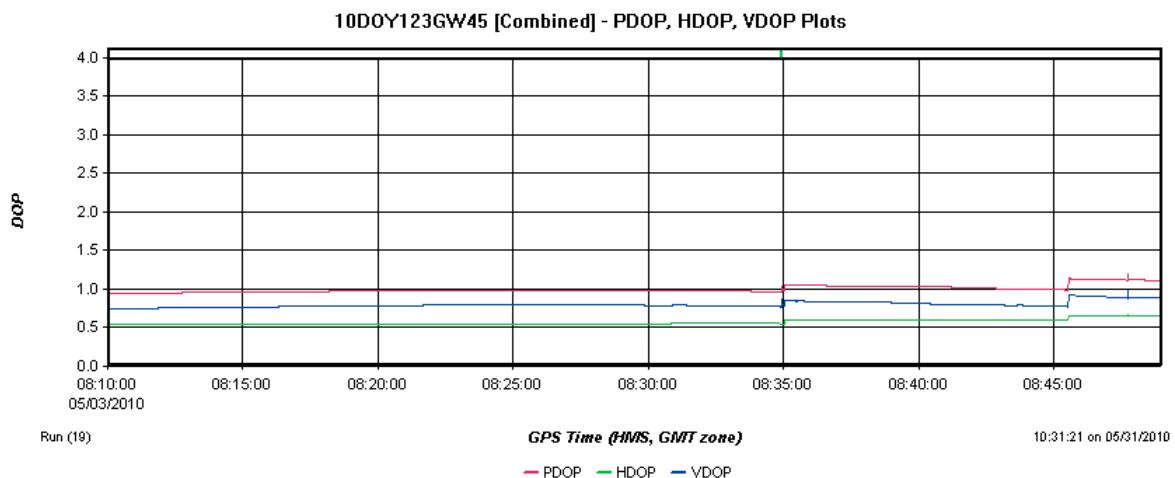


Bild 4.9 DOP-värden.

4.4 Flygsession 10155AB14A

Tabell 4.5 Allmän information om flygsessionen

Gäller flygsession	
Datum	04.06.2010
Tid (UTC), från start till landning	19:35 – 01:44
Berörda stråk i skanningområdet	15
GPS referensstation	SWEPOS: Surte, Tjurholmen
GPS beräkningsmetod	Combined Solution
Programvara för beräkningen	GrafNav Version 8.20.0522
Differansen mellan lösningar från olika baslinjer < 0.05m (Denna analys görs endast vid behov)	Behov finns ej
Gäller aktuell del av flygsession	
Fullständig GNSS/IMU-data	Ja
Problem eller avvikelser vid beräkningen samt eventuella åtgärder	Inga avvikelser att rapportera.
Gäller berörda flygstråk	
PDOP < 4	Ja
RMS < 0.05-0.08 m	Ja
BW/FW separation < 0.08 m	Ja

Nedan följer tre grafer som visar resultatet från GPS-beräkningen.

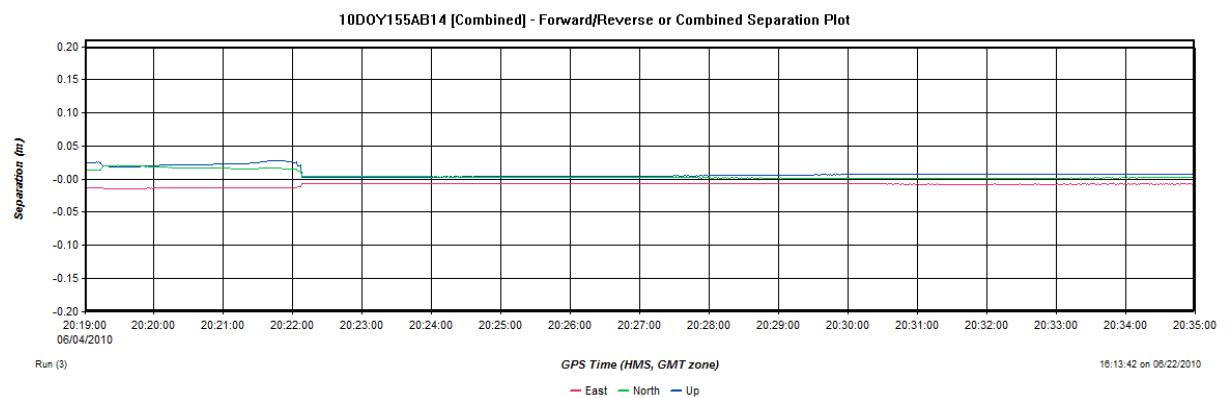


Bild 4.10 Separation mellan Forward/Backward-lösningen.

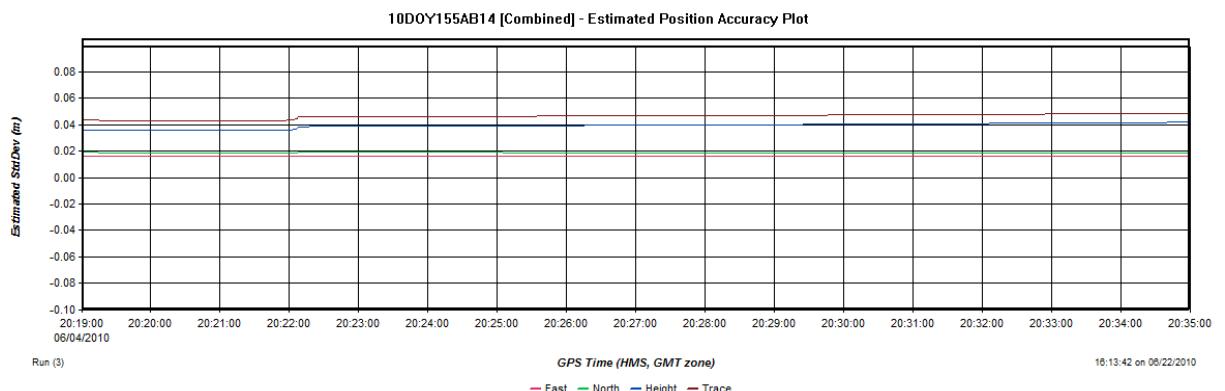


Bild 4.11 Estimerad precision i positionslösningen.

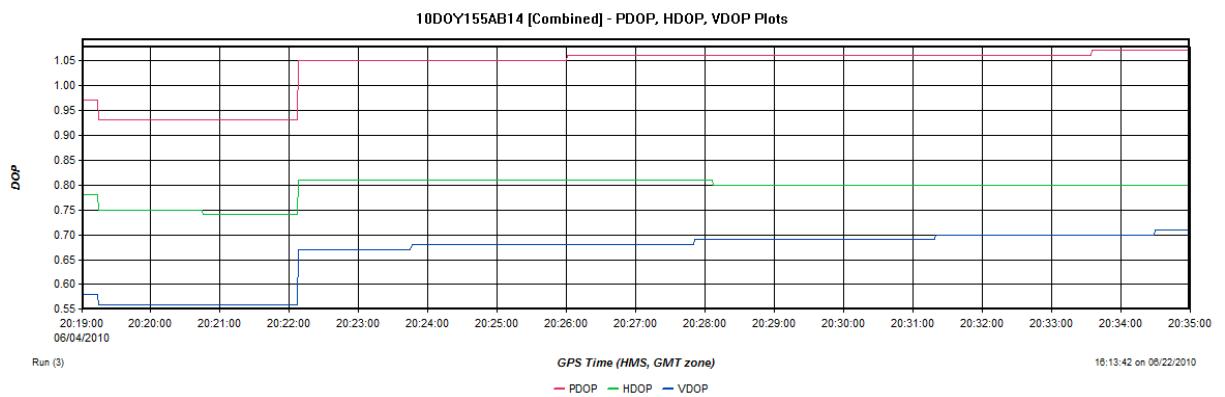


Bild 4.12 DOP-värden.

4.5 Flygsession 11152AB14A

Tabell 4.6 Allmän information om flygsessionen

Gäller flygsession	
Datum	01.06.2011
Tid (UTC), från start till landning	17:51 – 23:50
Berörda stråk i skanningområdet	1, 10-17, 22
GPS referensstation	SWEPOS: Borås, Onsala, Rörö, Smögen, Tjurholmen, Väne-Åsaka
GPS beräkningsmetod	Combined Solution
Programvara för beräkningen	GrafNav Version 8.20.0522
Differansen mellan lösningar från olika baslinjer < 0.05m (Denna analys görs endast vid behov)	Behov finns ej
Gäller aktuell del av flygsession	
Fullständig GNSS/IMU-data	Ja
Problem eller avvikelse vid beräkningen samt eventuella åtgärder	Inga avvikelse att rapportera.
Gäller berörda flygstråk	
PDOP < 4	Ja
RMS < 0.05-0.08 m	Ja
BW/FW seperation < 0.08 m	Ja

Nedan följer tre grafer som visar resultatet från GPS-beräkningen.

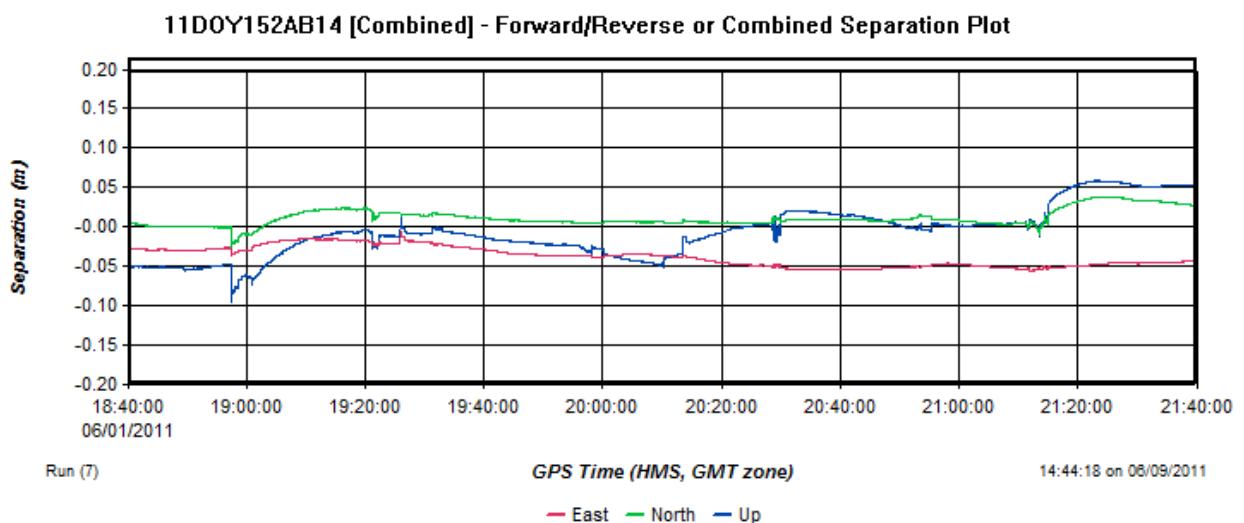


Bild 4.13 Separation mellan Forward/Backward-lösningen.

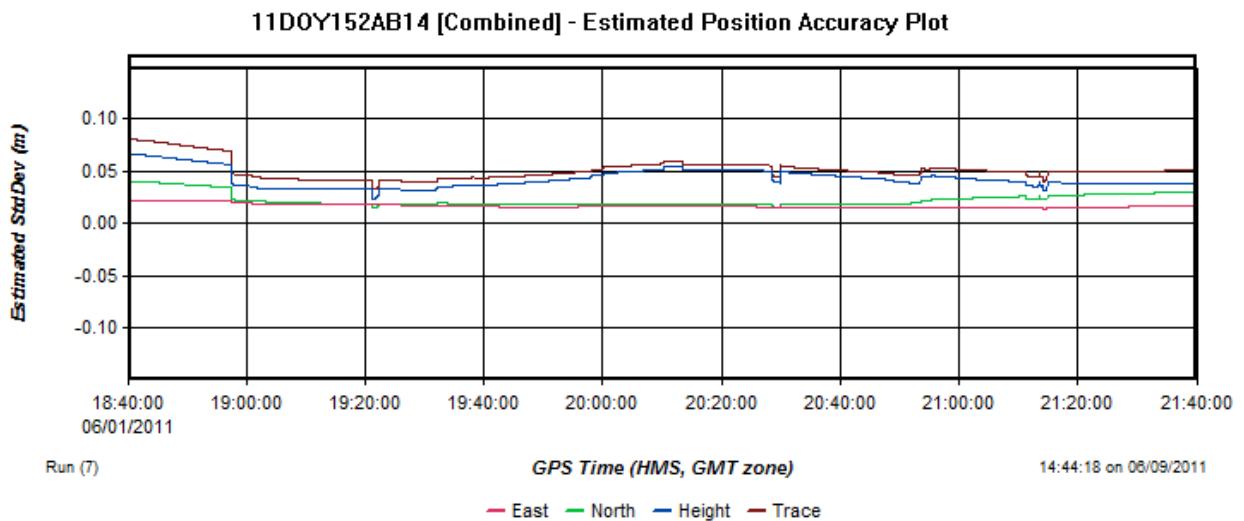


Bild 4.14 Estimerad precision i positionslösningen.

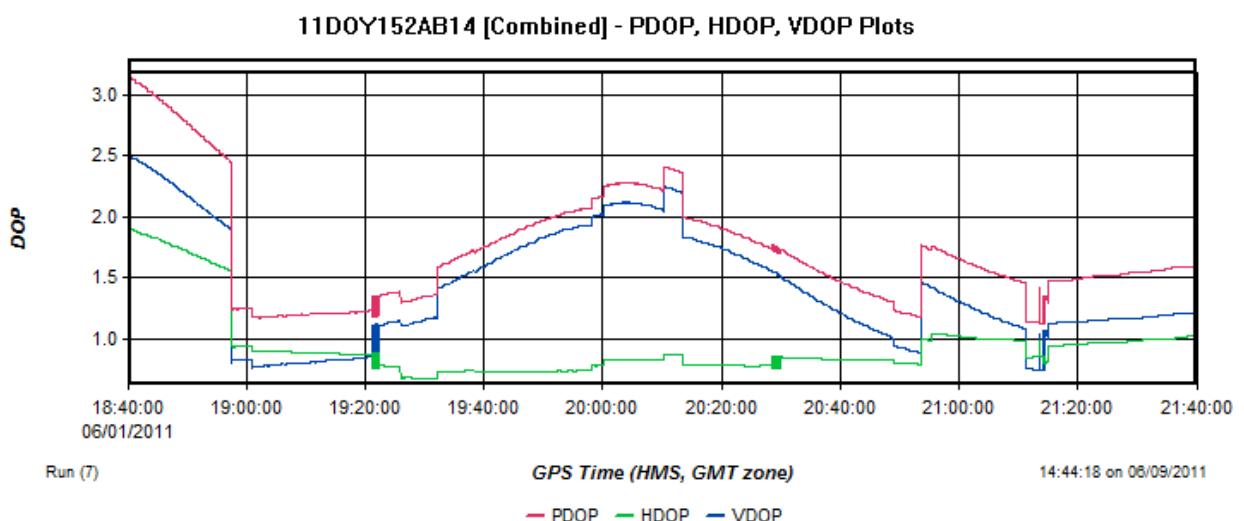


Bild 4.15 DOP-värden.

5 Beräkning av 3D-punktsvärm

5.1 Allmänt

Tabell 5.1 Allmänt om beräkning av 3D-punktsvärm.

Programvara för beräkning av punktmoln. Inklusive koordinattransformation och geoidinpassning för laser- och bandata.	Leica's programvara ALS version 2.69
Datum för fabrikskalibrering	GW45: 20100401_SN6145_Calibration_Report_WF_20100401.pdf AB14: SN6114_ALS60_Calibration_Report-20100128.pdf
Datum för installationskalibrering	GW45: SN145_factory_calibrated_20100402.reg AB14: SN6114_Calibrated_20100128.reg
Eventuella problem eller avvikelse	Inga avvikelse att rapportera.

5.2 Installationskalibrering och dagligkalibrering

Vid den dagliga kalibreringen bestäms boresight-kalibreringen, dvs rotationen mellan IMU och skannersystem vilket beskrivs med de tre vinklarna roll, pitch och heading. Resultatet från den dagliga kalibreringen kan utläsas i tabell 5.2.

Tabell 5.2 Resultat av daglig kalibrering per flygsession

Flygsession	dRoll	dPitch	dHeading
Installationskalibrering GW45	-0.02030°	-0.53507°	0.01744°
Installationskalibrering AB14	0.17579°	-0.01949°	-0.10722°
10122GW45A	-0.04230°	-0.52587°	0.01204°
10122GW45B	-0.03310°	-0.52337°	0.01244°
10123GW45A	-0.00520°	-0.53037°	0.01354°
10155AB14A	0.17209°	-0.00829°	-0.11042°
11152AB14A	0.16149°	-0.01439°	-0.10762°

6 Granskning av täthet och fullständighet

Täckningskontroll av laserdata har utförts visuellt och med TASQ. Fullständiga rapporter av täckningskontrollen finns i mappen /report/laserdata/coverage_check.

Tabell 6.1 Allmän information om täthet och fullständighet.

Programvara för beräkning av punkttäthet	TASQ_NNH_usedll v100223_14:37
Totala mängden laserpunkter	2.210 miljarder
Antal sista och enda returer	1.653 miljarder
Genomsnittlig punkttäthet för sista och enda retur, vatten undantaget.	1.80 punkter/m ²
Jämn punktfördelningen har erhållits längs med och tvärs stråken	Ja
Multipla returer har erhållits	Ja
Granskning av grova fel, "high points", "low points", vatten och moln.	High/low points pga dis och moln förekommer. Punkttätheten på marken håller dock kraven.
Statistik beräknad på delområde	10 x 10 m
Undantag för vattenytor (GGD)	Ja
Totala arealen	1262.5 km ²
Landareal, vatten undantaget	917.9 km ²
Procent av delytor som uppfyller 0.5 punkter/m² (Mål 95 %)	97.86 %
Avvikeler	<p>Bortfall runt vattendrag och sjöar där använd strandlinje inte överensstämmer med aktuell strandlinje, speciellt i flacka partier och sänkor. På vissa asfalterade vägar finns ett visst bortfall av punkter och punkttätheten kan lokalt vara lägre än 0.5 punkter/m².</p> <p>En del byggnader har bortfall av punkter på taken. I vissa fall påverkar detta jämförelser med stöd- och kontrollpunkter i plan.</p> <p>På grund av tipp-rörelser i planet finns det ett bandliknande mönster i punkttätheten som i vissa fall får punkttätheten att lokalt understiga 0.5 punkter/m².</p> <p>Se kommentarer i designfilen 09B008_rs.dgn.</p>

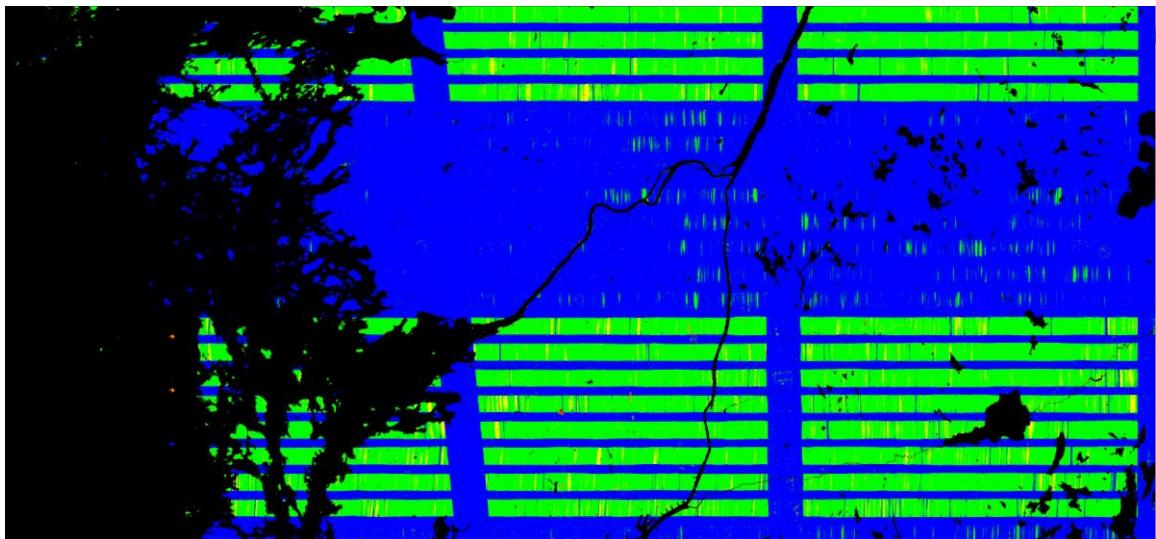


Bild 6.1 Täckningskontroll av laserdata (sista och enda retur) där blå färg representerar en punkttäthet på minst 1 punkter/ m^2 , grön färg representerar en punkttäthet på minst 0.5 punkter/ m^2 , gul färg representerar en punkttäthet på minst 0.25 punkter/ m^2 och röd färg representerar en punkttäthet på mindre än 0.25 punkter/ m^2 .

7 Kontroll av stråköverlapp och stråkutjämning

Den relativa noggrannheten mellan punkter från individuella flygstråk verifieras med nedan beskriven metod:

1. Markpunkter klassificeras i varje enskilt flygstråk.
2. Verifiering av boresightkalibrering utförs i data från projektet genom beräkning av systematiska roll, pitch och heading-korrektioner per flygsession (Resultatet redovisas i kapitel 5.2)
3. Med programvaran TASQ (TopEye Area Statistics Quality) beräknas statistik på avvikelserna mellan flygstråken
4. En stråkutjämning görs för att hitta individuella korrigeringar, åtminstone Roll och Z men eventuellt också fler orienteringsparametrar (Easting, Northing, Pitch, Heading) per flygstråk
5. Precisionsförbättringen i datasetet verifieras sedan med hjälp av TASQ. Om statistiken visar förbättrad intern precision appliceras korrektionerna på hela datasetet.

Fullständig TerraMatch-rapport finns i /report/laserdata/terramatch.

Tabell 7.1 Allmän information om analysen.

Programvara för analys av stråköverlapp	TASQ v090604_12:23
Programvara för stråkutjämning	TerraMatch 011.002
Valda parametrar vid stråkutjämning	Roll, Pitch, Heading, Höjd per stråk
Delarea som ligger till grund för statistiken	10x10 m
Total RMS(dZ) - före stråkutjämning	0.149 m
Total RMS(dZ) - efter stråkutjämning	0.117 m
Statistik för avvikeler på taknockar - före stråkutjämning	Ej gjord
Statistik för avvikeler på taknockar - efter stråkutjämning	Ej gjord
Eventuella avvikeler	Eftersom lång tid förflöt mellan skanningtillfällena har vissa saker ändrats på marken, vilket drar upp rms-värdet och syns som röda partier i bilden nedan. Ett exempel är ett område på stråk 1, strax öster om stråk 22, där det finns ett grustag och andra strukturer som har ändrats betydligt.

Statistiken som presenteras är för hela området. Fullständiga rapporter finns i /report/laserdata/terramatch. Kvalitetsrapporter från TASQ finns i /report/laserdata/tasq.

I bild 7.1 redovisas RMS(dZ) statistik i ett histogram samt ett utdrag ur RMS-plot.

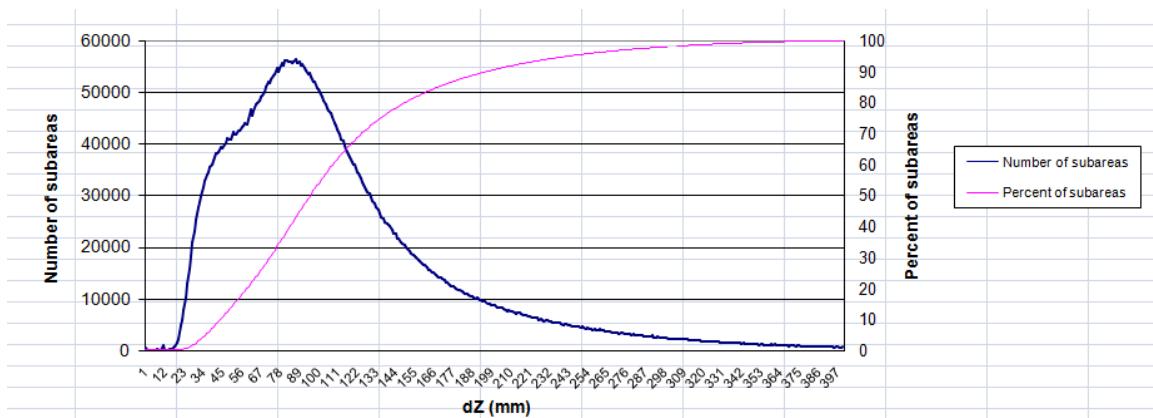


Bild 7.1 Histogram över avvikeler i höjd mellan flygstråk. Blå linje representerar antalet delareor med ett specifikt RMS(dZ) värde. Röd linje representerar det procentuella antalet delareor med ett lägre RMS(dZ) än ett specifikt värde.

RMS(dZ) statistik för varje delområde i området kan representeras med färger för att visa fördelningen av avvikelserna (bild 7.2).

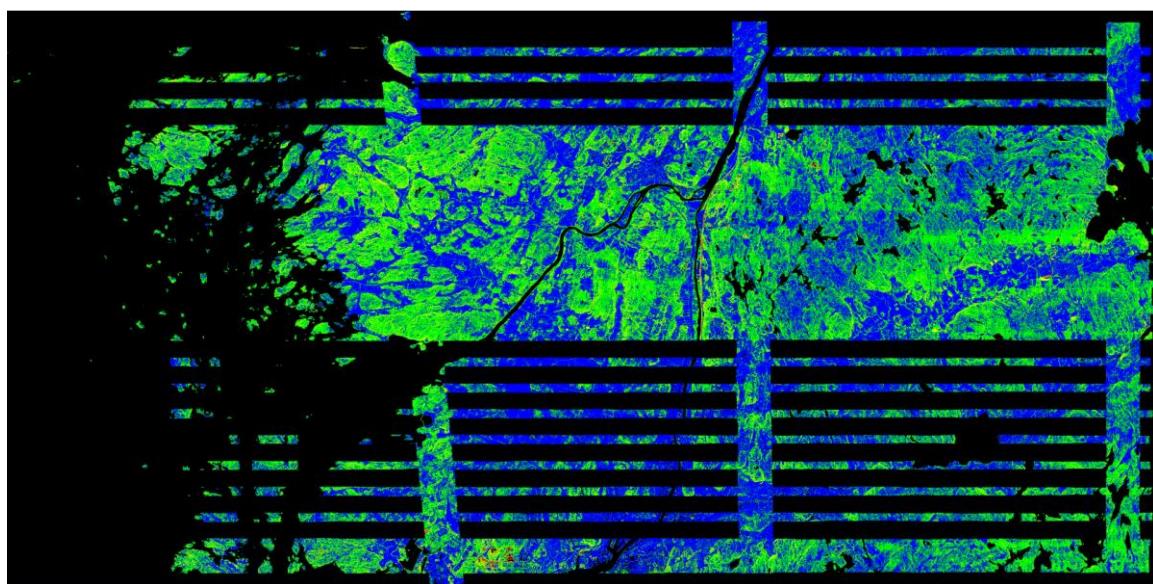


Bild 7.2 Fördelningen av RMS-värden (dvs kvadratiska medelvärden) i delområdena. D.v.s. avvikelserna i höjd mellan flygstråken. Blå färg representerar < 0.10 m, grön 0.10-0.25 m, gul 0.25-0.50 m och röd >0.50m avvikelse mellan stråken.

8 Inpassning mot stödytor

Inpassning mot stödytor utförs med nedan beskrivna metod:

1. En global korrektion skattas och data justeras om denna är signifikant.
2. Om avvikelsen i något stöd är större än toleransen görs ytterligare analys och en "gummiduksinpassning" görs om det är nödvändigt

För inpassning i höjd används TerraScans funktioner för "Control Point Report".

För inpassning i plan gäller att terrängformationer matchas in för ny lägesbestämning i plan med hjälp av TerraMatch. I de fall bygganader är inmätta modelleras dessa i TerraScan och modellernas planlägen jämförs med de terrestra mätningarna av samma byggnad.

8.1 Höjdstöd

Tabell 8.1 Allmän information om höjdstödsinpassning

Programvara för inpassning	TerraScan 011.002
Antal tillgängliga (terrestert inmätta) höjdstöd	6
Global korrektion	+0.067m
Annan inpassning, t ex gummiduksinpassning	Nej
Avvikelser mot stöd ligger inom toleransen 0.15 m	Ja
Problem/avvikelser samt eventuella åtgärder	En av stödytorna, 63981_3420_sh, var mätt utanför det område som täcks av laserdata och kunde ej användas. Istället har den närliggande kontrolllytan 63997_3372_kh använts som höjdstöd.

Tabell 8.2 Avvikelser mellan laserdata och höjdstöd efter korrektion.

Stöd	Medelavvikelse [m]	RMS [m]	Standardavvikelse [m]
63997_3372_kh	-0.077	0.087	0.041
64000_2997_sh	+0.051	0.055	0.020
64000_3249_sh	-0.074	0.076	0.019
64230_3427_sh	+0.052	0.066	0.041
64250_3151_sh	+0.008	0.022	0.021
64252_2979_sh	+0.082	0.087	0.031
Totalt	+0.003	0.070	0.070

Fullständig rapport av inpassning mot höjdstöd finns i /report/laserdata/ground_control.

8.2 Planstöd

Tabell 8.3 Allmän information om planstödsinpassning

Programvara för inpassning	TerraMatch 011.002 TerraScan 011.002
Antal tillgängliga (terrestert inmätta) planstöd	5
Global korrektion - Easting	+ 0.0 m
Global korrektion - Northing	+ 0.0 m
Annan inpassning, t ex gummiduksinpassning	Nej
Avvikeler mot stöd ligger inom toleransen 0.50 m	Ja
Problem/avvikeler samt eventuella åtgärder	Stödytan 63981_3420_sp är mätt utanför det område som täcks av laserdata och kunde därför inte användas som planerat.

Tabell 8.4 Avvikeler mellan laserdata och planstöd efter korrektion.

Stöd	dNorthing [m]	dEasting [m]	dPlan [m]
64000_2997_sp	-0.427	-0.046	0.430
64000_3249_sp	-0.266	-0.103	0.285
64230_3427_sp	-0.106	-0.010	0.106
64250_3151_sp	-0.101	-0.453	0.464
64252_2979_sp	-0.451	+0.047	0.453
Kvadratiskt medelvärde	0.309	0.210	0.374

Fullständig rapport av inpassning mot planstöd finns i /report/laserdata/ground_control.

9 Jämförelse mot kontollytor

För jämförelse i höjd mot kontollytor används TerraScans funktioner för ”Control Point Report”. För jämförelse i plan gäller att terrängformationer matchas in för ny lägesbestämning i plan med hjälp av TerraMatch och utfallet ger underlag för statistiken. I de fall byggnader är inmätta modelleras dessa i TerraScan och modellernas planlägen jämförs med de terrestra mätningarna av samma byggnad.

9.1 Höjdkontroller

Tabell 9.1 Allmän information om jämförelse med höjdkontroll.

Programvara för jämförelse	TerraScan 011.002
Antal tillgängliga (terrestert inmätta) höjdkontroller	8
Avvikeler mot stöd ligger inom toleransen 0.20m	Ja
Problem/avvikeler och eventuella åtgärder	Kontollytan 63997_3372_kh användes för att ersätta ett höjdstöd och finns därför inte med här.

Tabell 9.2 Utfall av jämförelse mellan laserdata och höjdkontroll.

Kontroll	Medelavvikelse [m]	RMS [m]	Standardavvikelse [m]
64000_3111_kh	+0.060	0.062	0.014
64105_3321_kh	+0.034	0.041	0.023
64120_3427_kh	-0.048	0.064	0.043
64152_3250_kh	+0.059	0.067	0.032
64195_3056_kh	+0.068	0.071	0.023
64212_2977_kh	+0.069	0.074	0.027
64251_3103_kh	+0.083	0.102	0.060
64251_3329_kh	+0.028	0.047	0.039
Totalt	+0.028	0.071	0.065

Fullständig rapport finns i /report/laserdata/ground_control.

9.2 Plankontroller

Tabell 9.3 Allmän information om jämförelse med plankontroll.

Programvara för jämförelse	TerraMatch 011.002 TerraScan 011.002
Antal tillgängliga (terrestert inmätta) plankontroller	7
Avvikelser mot kontroller ligger inom toleransen 0.60 m	Ja
Problem/avvikelser och eventuella åtgärder	Inga avvikelser att rapportera.

Tabell 9.4 Utfall av jämförelse mellan laserdata och plankontroll.

Kontroll	dNorthing [m]	dEasting [m]	dPlan [m]
63997_3372_kp	-0.345	+0.221	0.409
64000_3111_kp	+0.246	-0.128	0.277
64105_3321_kp	-0.236	-0.022	0.237
64120_3427_kp	+0.034	+0.071	0.079
64195_3056_kp	+0.266	-0.258	0.371
64251_3103_kp	-0.403	-0.222	0.460
64251_3329_kp	+0.017	-0.332	0.332
Kvadratiskt medelvärde	0.259	0.206	0.331

10 Övrigt

Övertäckningsanalys för närliggande område levereras senare för hela område B.

Blom Sweden AB

Hammarbacken 6B
191 49 Sollentuna
+46(0)8 578 24700

Web <http://www.blomswe.se>
Epost info@blomswe.com

Org nr 556258-8854
Moms reg nr SE556258885401
Styrelsens säte Göteborg