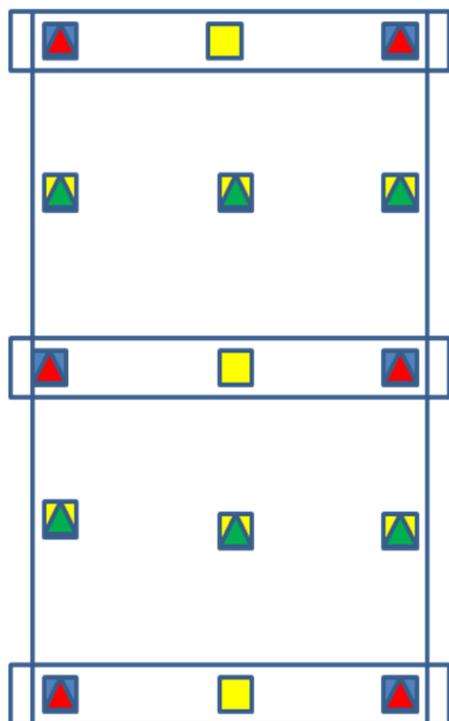


# Ny Nationell Höjdmodell

**Leveransrapport,  
Skanningsområde 09B002**



# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>ALLMÄNT .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>FLYGBUREN LASERSKANNING.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>BERÄKNING AV STÖD- OCH KONTROLLYTOR .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>BERÄKNING AV BANDATA - GPS/INS .....</b>	<b>5</b>
4.1	FLYGSESSION 10115GW45A .....	5
4.2	FLYGSESSION 10116GW45A .....	7
<b>5</b>	<b>BERÄKNING AV 3D-PUNKTSVÄRM.....</b>	<b>9</b>
5.1	ALLMÄNT.....	9
5.2	INSTALLATIONSKALIBRERING OCH DAGLIGKALIBRERING.....	9
<b>6</b>	<b>GRANSKNING AV TÄTHET OCH FULLSTÄNDIGHET.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>KONTROLL AV STRÅKÖVERLAPP OCH STRÅKUTJÄMNING.....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>INPASSNING MOT STÖDYTOR .....</b>	<b>14</b>
8.1	HÖJDSTÖD .....	14
8.2	PLANSTÖD.....	15
<b>9</b>	<b>JÄMFÖRELSE MOT KONTROLLYTOR.....</b>	<b>16</b>
9.1	HÖDKONTROLLER .....	16
9.2	PLANKONTROLLER .....	17
<b>10</b>	<b>ÖVRIGT.....</b>	<b>18</b>

# 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.

<b>Skanningområde som berörs av rapporten</b>	09B002
<b>Teknisk specifikation – version</b>	Teknisk specifikation - Flygburen laserskanning m.m. för produktion av Ny Nationell Höjdmodell (NNH) Version 1.1 Rev 5
<b>Kvalitetsplan - version</b>	Kvalitetsplan Ny Nationell Höjdmodell Version 0.94
<b>Leveransformat för laserdata</b>	LAS 1.2
<b>Referenssystem i plan</b>	Sweref 99 TM
<b>Referenssystem i höjd</b>	RH2000
<b>Geoidmodell</b>	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.

<b>Datum för flygningar</b>	25, 26 april 2010
<b>Skanningsenhet</b>	GW45
<b>Skanningsparametrar</b>	Standard enligt kvalitetsplan
<b>Flygoperatör</b>	Blom Geomatics
<b>Antal realiserade stråk</b>	25
<b>Eventuella avvikelser och problem, t.ex.</b> - avbrutna stråk, omskanningar - omständigheter som inverkat negativt på insamlingen, väder etc. - problem vid registrering av GPS/IMU - övrigt	Skanningen av stråk 7 avbröts och flögs igen senare, därfor är antalet realiserade stråk ett annat än de planerade.
<b>Eventuella åtgärder/beslut</b>	

## 3 Beräkning av stöd- och kontrolllytor

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

**Tabell 3.1** Information om stöd- och kontrolllytor som används för det aktuella skanningområdet.

<b>Månadsleverans för använda stöd- och kontrolllytor</b>	En del finns i 1002_leveransrapport-tm.doc, övriga levereras senare.
---	--

## 4 Beräkning av bandata - GPS/INS

**Tabell 4.1** Översikt ingående flygsession

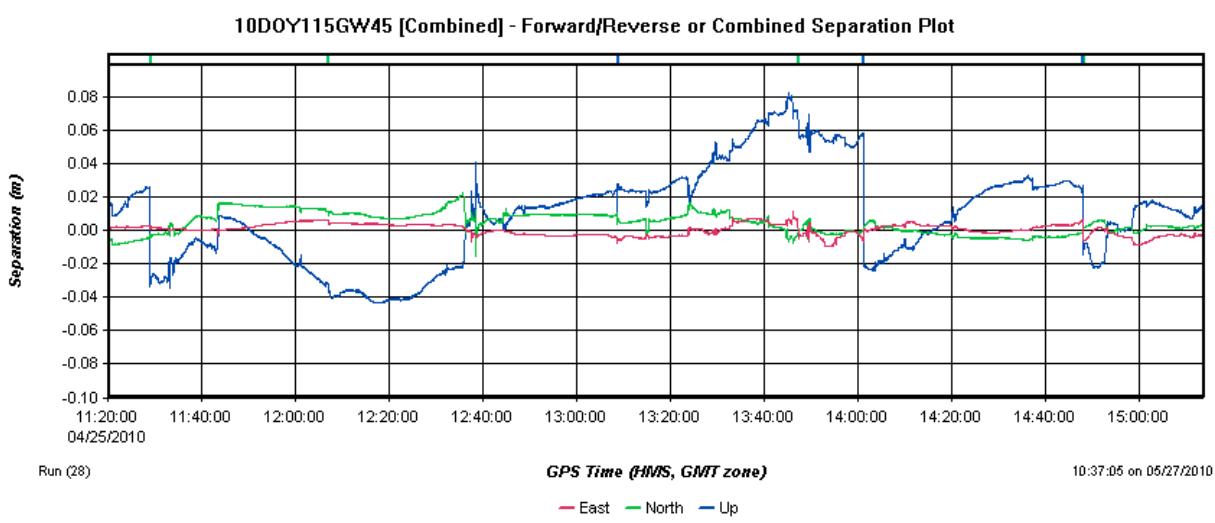
Flygsession
10115GW45A
10116GW45A

### 4.1 Flygsession 10115GW45A

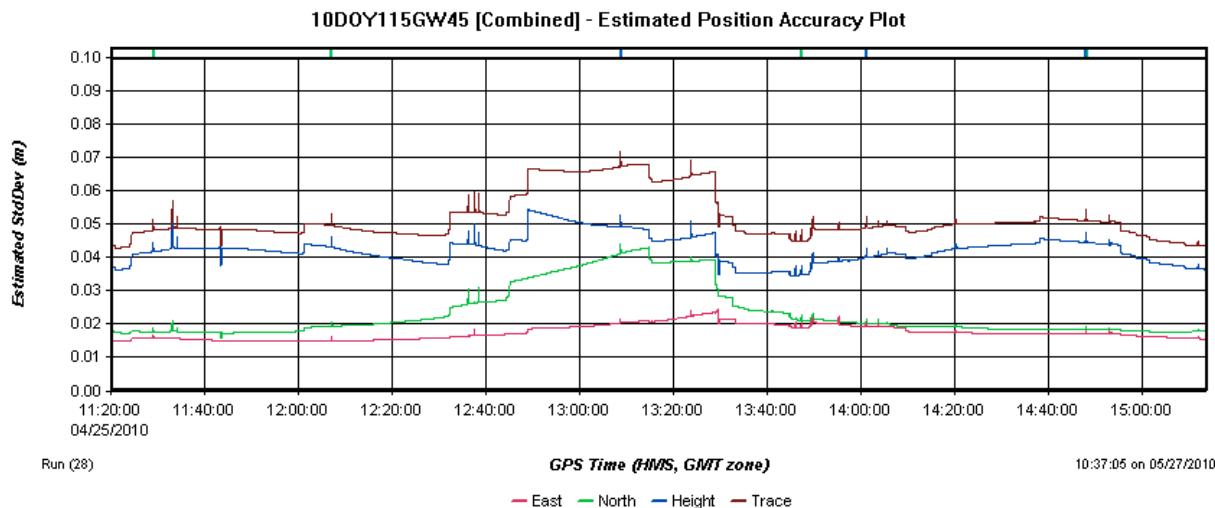
**Tabell 4.2** Allmän information om flygsessionen

Gäller flygsession	
Datum	25.04.2010
Tid (UTC), från start till landning	10:19 – 15:32
Berörda stråk i skanningområdet	1-13, 22
GPS referensstation	SWEPOS: Hisingsbacka, Onsala
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	Endast avvikelse utanför berörda stråk.
Gäller berörda flygstråk	
PDOP < 4	Ja
RMS < 0.05-0.08 m	Ja
BW/FW separation < 0.08 m	Ja

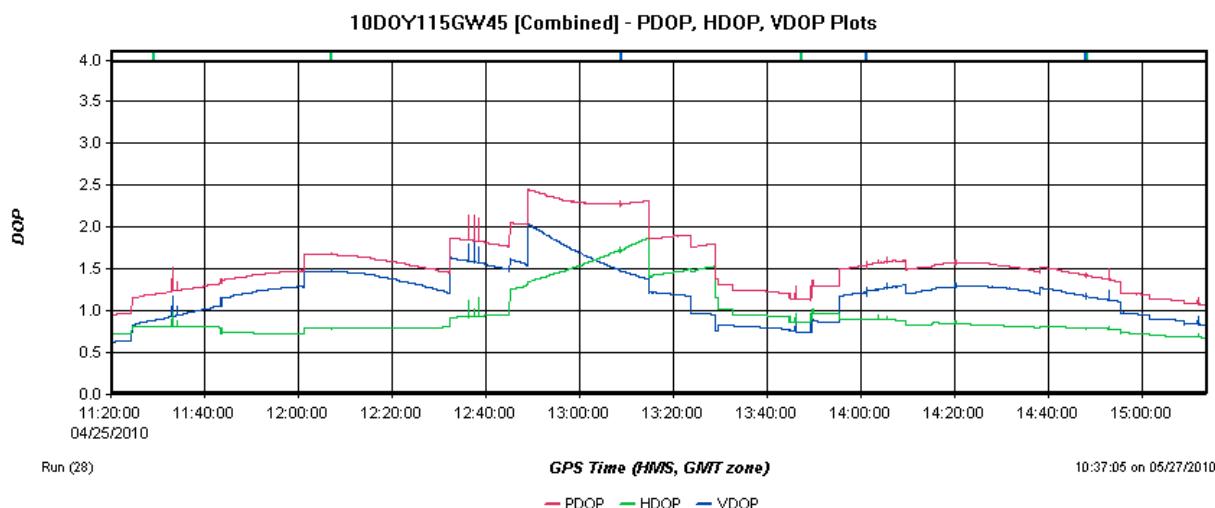
Nedan följer tre grafer som visar resultatet från GPS-beräkningen.



**Bild 4.1** Separation mellan Forward/Backward-lösningen.



*Bild 4.2 Estimerad precision i positionslösningen.*



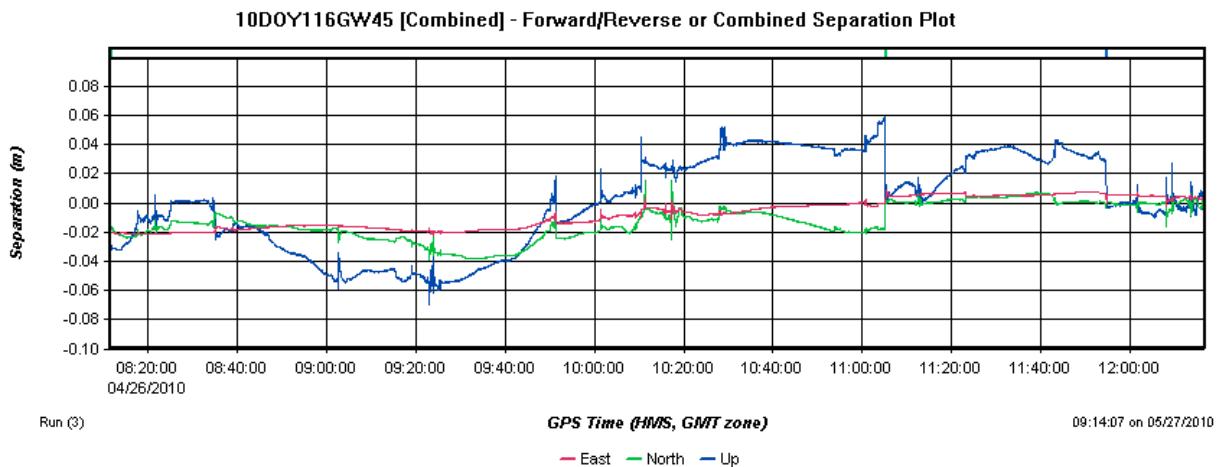
*Bild 4.3 DOP-värden.*

## 4.2 Flygsession 10116GW45A

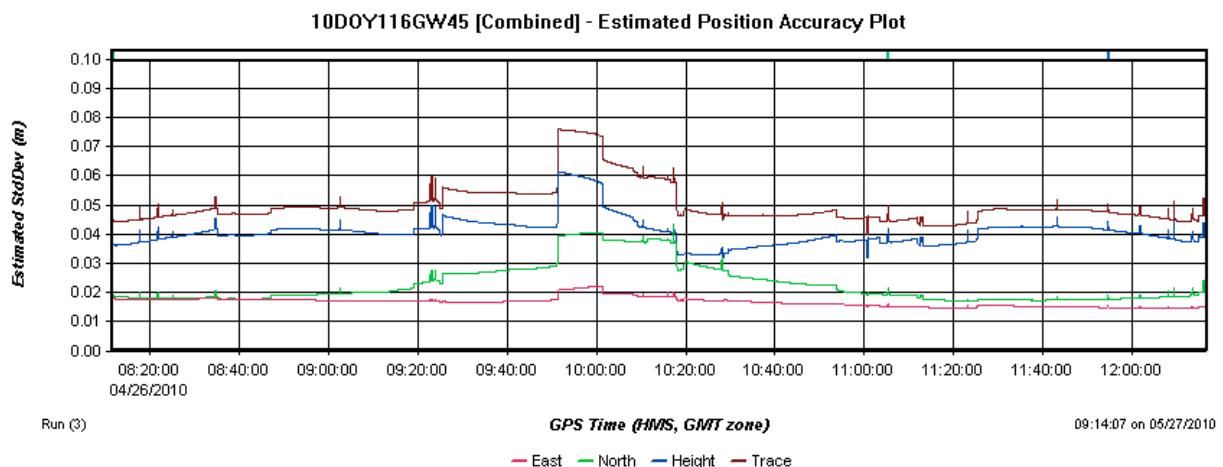
**Tabell 4.3** Allmän information om flygsessionen

<b>Gäller flygsession</b>	
<b>Datum</b>	26.04.2010
<b>Tid (UTC), från start till landning</b>	08:16 – 12:16
<b>Berörda stråk i skanningområdet</b>	14-21, 23, 24
<b>GPS referensstation</b>	SWEPOS: Hisingsbacka, Onsala
<b>GPS beräkningsmetod</b>	Combined Solution
<b>Programvara för beräkningen</b>	GrafNav Version 8.20.0522
<b>Differansen mellan lösningar från olika baslinjer &lt; 0.05m (Denna analys görs endast vid behov)</b>	Behov finns ej
<b>Gäller aktuell del av flygsession</b>	
<b>Fullständig GNSS/IMU-data</b>	Ja
<b>Problem eller avvikelse vid beräkningen samt eventuella åtgärder</b>	Inga avvikelse att rapportera.
<b>Gäller berörda flygstråk</b>	
<b>PDOP &lt; 4</b>	Ja
<b>RMS &lt; 0.05-0.08 m</b>	Ja
<b>BW/FW separation &lt; 0.08 m</b>	Ja

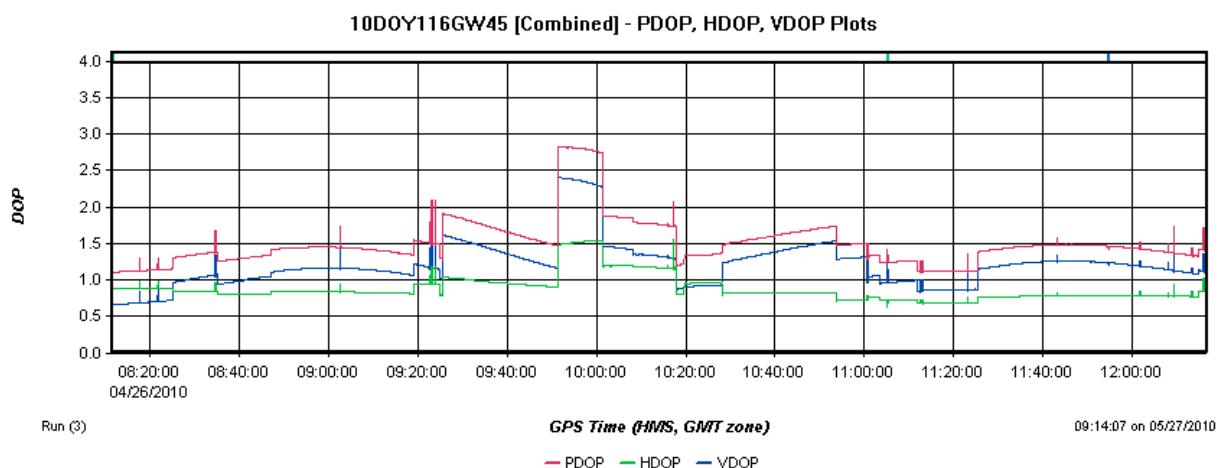
Nedan följer tre grafer som visar resultatet från GPS-beräkningen.



**Bild 4.4** Separation mellan Forward/Backward-lösningen.



**Bild 4.5** Estimerad precision i positionslösningen.



**Bild 4.6** DOP-värden.

## 5 Beräkning av 3D-punktsvärm

### 5.1 Allmänt

**Tabell 5.1** Allmänt om beräkning av 3D-punktsvärm.

<b>Programvara för beräkning av punktmoln. Inklusive koordinattransformation och geoidinpassning för laser- och bandata.</b>	Leica's programvara ALS version 2.69
<b>Datum för fabrikskalibrering</b>	20100401_SN6145_Calibration_Report_WF_20100401.pdf
<b>Datum för installationskalibrering</b>	SN145_factory_calibrated_20100402.reg
<b>Eventuella problem eller avvikelser</b>	Inga avvikelser 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

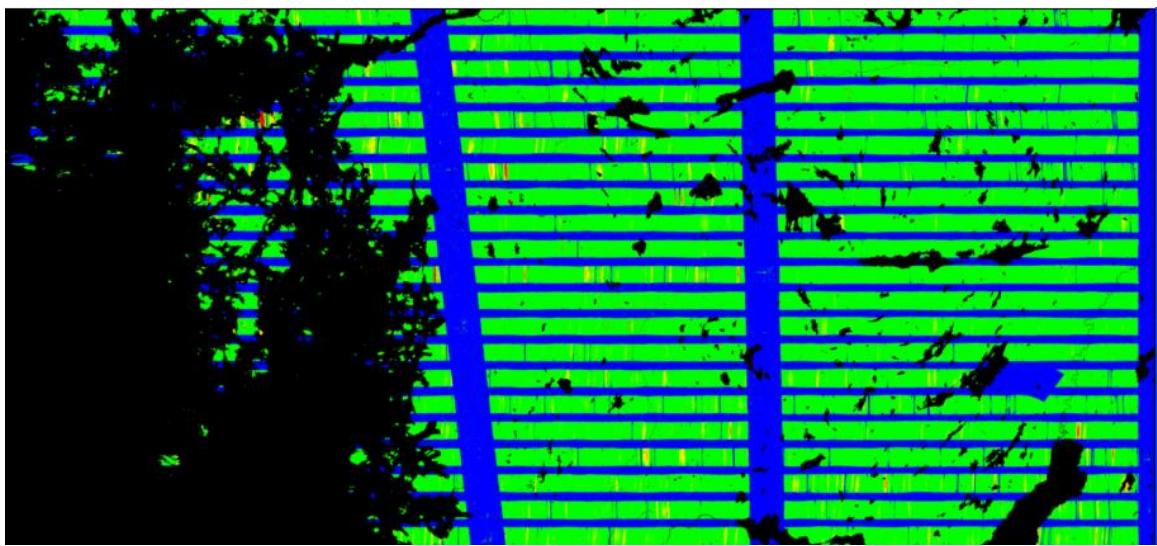
<b>Flygsession</b>	<b>dRoll</b>	<b>dPitch</b>	<b>dHeading</b>
Installationskalibrering	-0.02030°	-0.53507°	0.01744°
10115GW45A	0.00870°	-0.52527°	0.01164°
10116GW45A	0.00660°	-0.52137°	0.00994°

## 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.

<b>Programvara för beräkning av punkttäthet</b>	TASQ_NNH_usedll v100223_14:37
<b>Totala mängden laserpunkter</b>	1.559 miljarder
<b>Antal sista och enda returer</b>	1.142 miljarder
<b>Genomsnittlig punkttäthet för sista och enda retur, vatten undantaget.</b>	1.32 punkter/m <sup>2</sup>
<b>Jämn punktfördelningen har erhållits längs med och tvärs stråken</b>	Ja
<b>Multipla returer har erhållits</b>	Ja
<b>Granskning av grova fel, "high points", "low points", vatten och moln.</b>	Moln har upptäckts, klassats som "high points". Analysen har gjorts med dessa punkter undantagna.
<b>Statistik beräknad på delområde</b>	10 x 10 m
<b>Undantag för vattenytor (GGD)</b>	Ja
<b>Totala arealen</b>	1231.3 km <sup>2</sup>
<b>Landareal, vatten undantaget</b>	862.8 km <sup>2</sup>
<b>Procent av delytor som uppfyller 0.5 punkter/m<sup>2</sup> (Mål 95 %)</b>	97.92 %
<b>Avvikeler</b>	<p>Bortfall runt vattendrag och sjöar pga. högt vattenstånd, 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/m<sup>2</sup>.</p> <p>En del byggnader har bortfall av punkter på taken. I vissa fall påverkar detta jämförelser med stöd- och kontrollpunkter i plan. Detta skall tas hänsyn till vid framtida planering av stöd- och kontrollpunkter.</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/m<sup>2</sup>.</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 0.4 punkter/ $m^2$  och röd färg representerar en punkttäthet på mindre än 0.4 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.

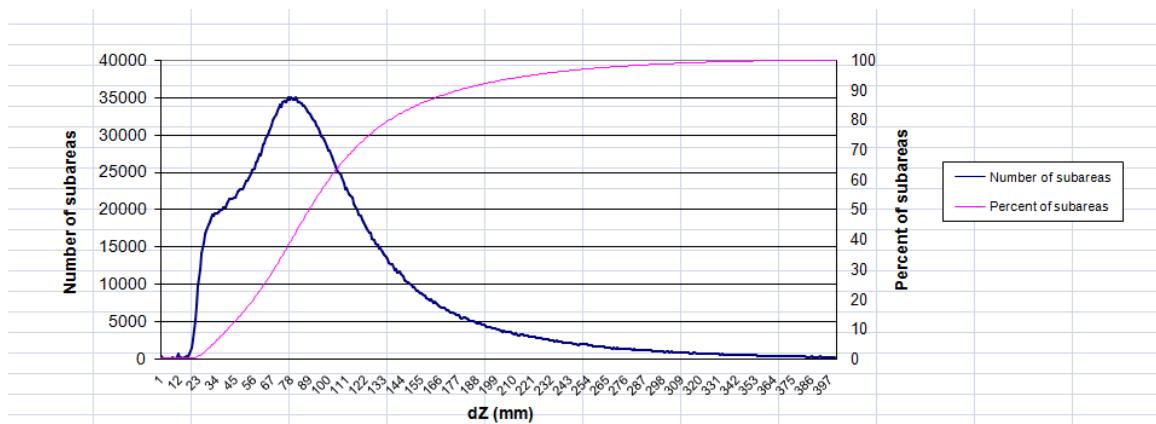
Fullständig TerraMatch-rapport finns i /report/laserdata/terramatch.

**Tabell 7.1** Allmän information om analysen.

<b>Programvara för analys av stråköverlapp</b>	TASQ v090604_12:23
<b>Programvara för stråkutjämning</b>	TerraMatch 010.003
<b>Valda parametrar vid stråkutjämning</b>	Roll, Pitch, Heading, Höjd per stråk
<b>Delarea som ligger till grund för statistiken</b>	10x10 m
<b>Total RMS(dZ) - före stråkutjämning</b>	0.144 m
<b>Total RMS(dZ) - efter stråkutjämning</b>	0.103 m
<b>Statistik för avvikeler på taknockar - före stråkutjämning</b>	Ej gjord
<b>Statistik för avvikeler på taknockar - efter stråkutjämning</b>	Ej gjord
<b>Eventuella avvikeler</b>	Inga avvikeler att rapportera.

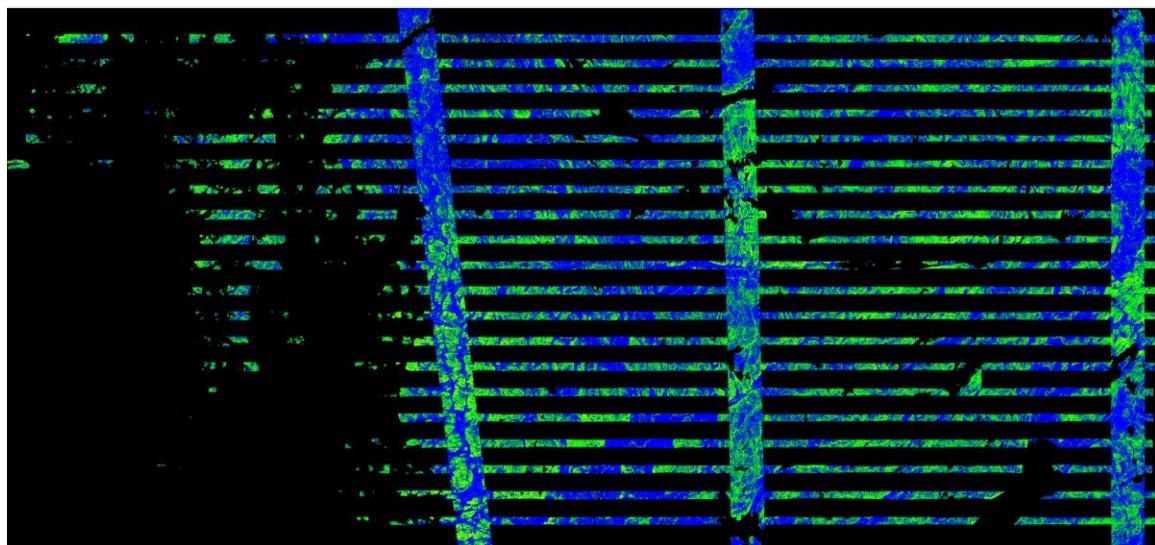
Statistiken som presenteras är för hela området. Fullständiga rapporter finns i /report/laserdata/terramatch. Kvalitetsrapporter från TASQ finns i /report/laserdata/tasq.

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  $> 0.50$  m 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

<b>Programvara för inpassning</b>	TerraScan 010.003
<b>Antal tillgängliga (terrestert inmätta) höjdstöd</b>	7
<b>Global korrektion</b>	+0.198m
<b>Annan inpassning, t ex gummiduksinpassning</b>	Nej
<b>Avvikelser mot stöd ligger inom toleransen 0.15 m</b>	Ja
<b>Problem/avvikelser samt eventuella åtgärder</b>	Ett stöd, 64006_3419_sh, ligger utanför det område som täcks av laserdata.

**Tabell 8.2** Avvikelser mellan laserdata och höjdstöd efter korrektion.

Stöd	Medelavvikelse [m]	RMS [m]	Standardavvikelse [m]
63749_3293_sh	+0.008	0.036	0.036
63749_3500_sh	-0.032	0.039	0.022
63788_3039_sh	+0.049	0.069	0.048
64000_2997_sh	+0.023	0.029	0.017
64000_3249_sh	-0.040	0.047	0.025
64001_3499_sh	+0.012	0.041	0.039
64006_3419_sh	Utanför laserdata	Utanför laserdata	Utanför laserdata
<b>Totalt</b>	<b>+0.002</b>	<b>0.044</b>	<b>0.044</b>

Fullständig rapport av inpassning mot höjdstöd finns i /report/laserdata/ground\_control.

## 8.2 Planstöd

**Tabell 8.3** Allmän information om planstödsinpassning

<b>Programvara för inpassning</b>	TerraMatch 010.003 TerraScan 010.003
<b>Antal tillgängliga (terrestert inmätta) planstöd</b>	7
<b>Global korrektion - Easting</b>	+ 0.0 m
<b>Global korrektion - Northing</b>	+ 0.0 m
<b>Annan inpassning, t ex gummiduksinpassning</b>	Nej
<b>Avvikeler mot stöd ligger inom toleransen 0.50 m</b>	Ja
<b>Problem/avvikeler samt eventuella åtgärder</b>	Ett stöd, 64007_3420_sp, ligger utanför det område som täcks av laserdata. Stödet 64000_2997_sp innehåller två inmätta hustak. På det ena saknades dock laserpunkter så det kunde inte användas i analysen.

**Tabell 8.4** Avvikeler mellan laserdata och planstöd efter korrektion.

<b>Stöd</b>	<b>dNorthing [m]</b>	<b>dEasting [m]</b>	<b>dPlan [m]</b>
63749_3293_sp	-0.084	+0.040	0.093
63749_3500_sp	+0.005	+0.004	0.006
63789_3039_sp	+0.095	-0.036	0.102
64000_2997_sp	+0.079	+0.292	0.303
64000_3249_sp	+0.050	+0.116	0.126
64001_3499_sp	-0.125	+0.122	0.175
64007_3420_sp	Utanför laserdata	Utanför laserdata	Utanför laserdata
<b>Kvadratiskt medelvärde</b>	<b>0.082</b>	<b>0.139</b>	<b>0.161</b>

Fullständig rapport av inpassning mot planstöd finns i /report/laserdata/ground\_control.

## 9 Jämförelse mot kontrolllytor

För jämförelse i höjd mot kontrolllytor 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.

<b>Programvara för jämförelse</b>	TerraScan 010.003
<b>Antal tillgängliga (terrestert inmätta) höjdkontroller</b>	9
<b>Avvikeler mot stöd ligger inom toleransen 0.20m</b>	Ja
<b>Problem/avvikeler och eventuella åtgärder</b>	Inga avvikeler att rapportera.

**Tabell 9.2** Utfall av jämförelse mellan laserdata och höjdkontroll.

Kontroll	Medelavvikelse [m]	RMS [m]	Standardavvikelse [m]
63749_3367_kh	+0.039	0.044	0.022
63750_3187_kh	+0.071	0.072	0.014
63881_3432_kh	+0.069	0.071	0.019
63881_3498_kh	+0.024	0.030	0.018
63891_3238_kh	+0.054	0.057	0.019
63899_3167_kh	+0.083	0.085	0.017
63906_3066_kh	+0.084	0.087	0.021
63997_3372_kh	-0.002	0.044	0.044
64000_3111_kh	+0.068	0.070	0.014
<b>Totalt</b>	<b>+0.052</b>	<b>0.064</b>	<b>0.037</b>

Fullständig rapport finns i /report/laserdata/ground\_control.

## 9.2 Plankontroller

**Tabell 9.3** Allmän information om jämförelse med plankontroll.

<b>Programvara för jämförelse</b>	TerraMatch 010.003 TerraScan 010.003
<b>Antal tillgängliga (terrestert inmätta) plankontroller</b>	7
<b>Avvikelser mot kontroller ligger inom toleransen 0.60 m</b>	Ja
<b>Problem/avvikelser och eventuella åtgärder</b>	En av kontrollytorna, 63997_3372_kp, innehåller två inmätta hustak. På det ena saknades dock laserpunkter så det kunde inte användas i analysen.

**Tabell 9.4** Utfall av jämförelse mellan laserdata och plankontroll.

Kontroll	dNorthing [m]	dEasting [m]	dPlan [m]
63749_3367_kp	+0.022	-0.047	0.052
63750_3186_kp	-0.251	+0.052	0.256
63881_3432_kp	+0.234	+0.018	0.235
63881_3498_kp	+0.058	-0.016	0.060
63906_3066_kp	-0.125	+0.019	0.126
63997_3372_kp	0.393	0.325	0.510
64000_3111_kp	+0.112	+0.032	0.116
<b>Kvadratiskt medelvärde</b>	<b>0.208</b>	<b>0.127</b>	<b>0.244</b>

## 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](mailto:info@blomswe.com)

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