

# LiDAR-rapport

Follo 2014

BNO14004

# **INNHOLD**

<b>1.</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Oppdragsgiver .....	3
1.2.	Oppdragets nummer og navn.....	3
1.3.	Oppdragstaker.....	3
1.4.	Hva arbeidene gjelder .....	4
1.5.	Koordinatsystem.....	5
1.6.	Levering av digitale data.....	5
1.7.	Oppbevaringssted for brukte materiell.....	5
1.8.	Antall eksemplarer av rapporten.....	5
<b>2.</b>	<b>LASERDATA – INNSAMLING OG PROSESSERING .....</b>	<b>6</b>
2.1.	Generell info om laserskanningen.....	6
2.2.	Benyttet måleutstyr .....	6
2.3.	Geodetisk og vertikalt grunnlag.....	7
2.4.	Kontrollflater .....	7
2.5.	Transformasjonsmetode .....	8
2.6.	Problemer i forbindelse med laserskanningen.....	8
<b>3.</b>	<b>DATABEARBEIDING .....</b>	<b>8</b>
3.1.	Beregningsarbeidene .....	8
3.2.	Daglig kalibrering av lasersystemet.....	8
3.3.	XYZ-beregning på lasersystemet .....	9
3.4.	Modellavvik og kontroll .....	10
3.5.	Punktetthet.....	12
<b>4.</b>	<b>LEVERANSEN .....</b>	<b>13</b>
4.1.	Oversikt over innholdet i leveransen .....	13
4.1.1.	Punktsky .....	13

Vedlegg (leveres kun digitalt):

- Vedlegg 1: Flyplan, Vedlegg1\_Flyplan\_ Follo2014\_Q780.pdf
- Vedlegg 2: Kartutsnitt, Vedlegg2\_Kartutsnitt.pdf
- Vedlegg 3: GNSS/INS beregning, Vedlegg3\_GNSS-INS.pdf
- Vedlegg 4: Rapport fra match, Vedlegg4\_Matchrapport.pdf

Oslo, 20140410

**Gunhild Mæhlum**

*Prosjektleder*

*Gunhild.Maeblum@blomasa.com*

**Morten Werner**

*Kvalitetskontroll*

## 1. INNLEDNING

Dette dokumentet summerer opp informasjonen om flyging og prosessering av laserprosjektet Follo 2014.

### 1.1. Oppdragsgiver

Oppdragsgiver er Oslo Kommune, Plan- og bygningsetaten, Avdeling for Geodata. Boks 364 Sentrum, 0102 Oslo.

Prosjektleder: Morten Hoff

### 1.2. Oppdragets nummer og navn

Prosjektet er gjennomført med internnummer BNO14004 i systemet til Blom Geomatics AS. Prosjektet dekker kommunene i Follo, dog kun deler av Enebakk.

### 1.3. Oppdragstaker

Oppdragstaker er Blom Geomatics AS som har utført både laserskanning og prosessering.

Adressen er:

Blom Geomatics AS

Postboks 34 Skøyen

N-0212 OSLO

Norge

Telefon: +47 23 25 45 00

Faks: +47 23 25 45 01

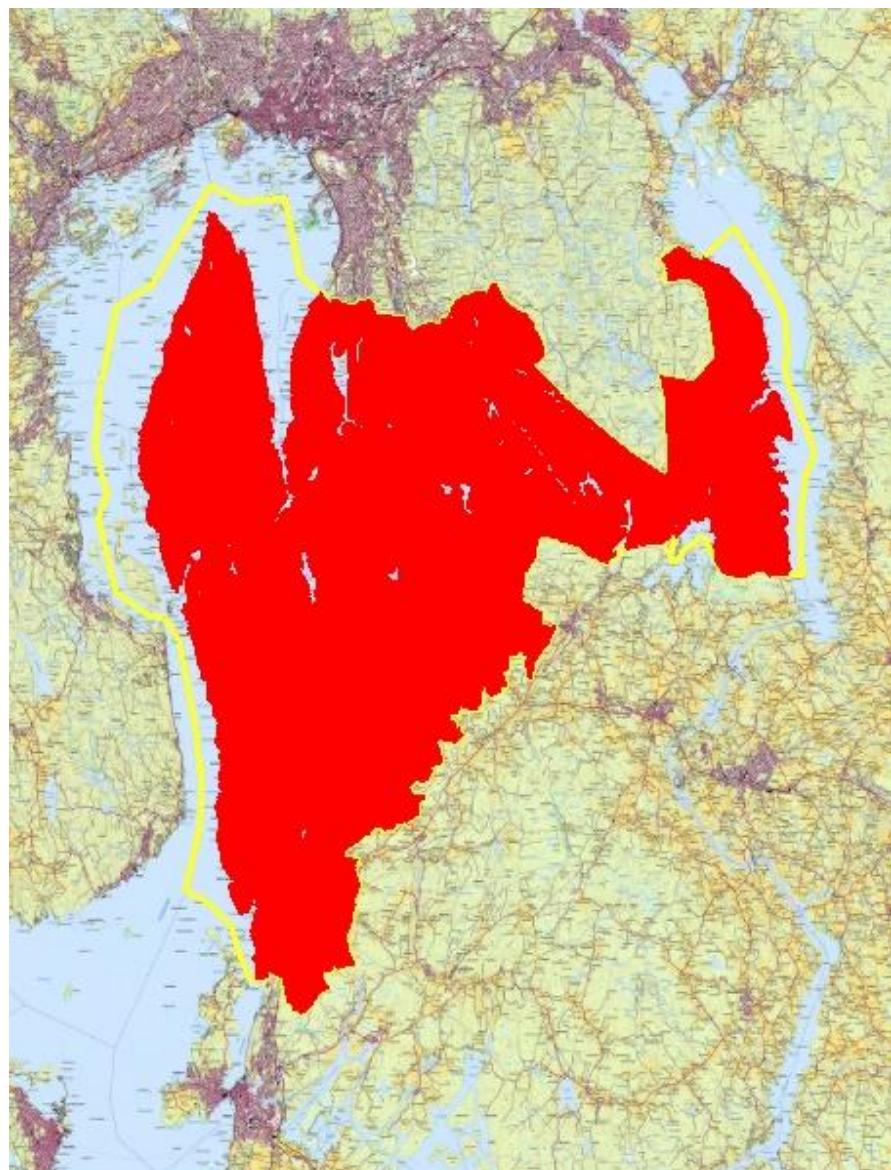
E-post: [firmapost.norge@blomasa.com](mailto:firmapost.norge@blomasa.com)

F.nr.: NO936888739MVA

Gunhild Mæhlum er prosjektleder. Pers Oppmåling har utført arbeidet med måling av kontrollflater.

#### 1.4. Hva arbeidene gjelder

Oppdraget er flydd med dekning som vist på figur 1. Tabell 1 gir en oversikt over de ulike delene av prosjektet, og viser punktetthet og areal.



Figur 1: Dekning for prosjektet

Områdenavn	DTM-type	Punktetthet (punkt/m <sup>2</sup> )	Areal (km <sup>2</sup> )
Follo	FKB Laser 10	5	Ca 850

Tabell 1: Spesifikasjonene på de ulike delene av prosjektet.

---

Laserpunktene er klassifisert automatisk og manuelt. Punktene er manuelt redigert til ikke-bakke (klasse=1) og bakke (klasse=2). Følgende klasse inndeling er benyttet:

Klasse 1: Ikke klassifisert

Klasse 2: Bakke

Klasse 7: Støypunkter, høye og lave punkter

Klasse 10: Punkter på bru

### 1.5. Koordinatsystem

Koordinatsystem er Euref-89, UTM-sone 32. Punktskyen er levert i følgende høydesystem:

- NN2000 (transformert ved å benytte høydemodell href2014B fra Kartverket)

### 1.6. Levering av digitale data

Oppdraget er hovedsakelig levert på FTP-tjener.

Tabell 2 viser hvilke områder og deler som er levert til hvilken dato.

Dato	Leveranse
2015.01.11	Foreløpig punkleveranse SVV
2015.03.19	Hasteområde Nesodden
2015.04.05	Punktleveranse
2015.04.10	Rapport og metadata

Tabell 2: Leveranser.

### 1.7. Oppbevaringssted for brukt materiell

Rådata, noen mellomversjoner og totalleveransen vil bli oppbevart i to separate utgaver på både ekstern harddisk og bånd hos Blom Geomatics AS.

### 1.8. Antall eksemplarer av rapporten

Rapporten er kun framstilt digitalt og oppbevaring er sammen med totalleveransen, se kapittel 1.6 og 1.7.

## 2. LASERDATA – INNSAMLING OG PROSESSERING

### 2.1. Generell info om laserskanningen

Laserskanningen er utført av Blom Geomatics AS.

Tabell 3 viser hvilke stiper som er flydd når, samt navnet på flygingen.

Dato	flygingsnavn	stiper
20141030	NPZ30314a	1-26
20141106	NPZ31014a	27-33, 60-63, 80-90, 93-94
20141125	NAB32914a	34-55
20141208	NAB34214a	56-59, 64-79, 91-92, 95

*Tabell 3: Flygingsinformasjon.*

Skanneparameterne for prosjektet er listet opp i tabell 4.

Flyplan	
Flyhøyde (over bakke)	1030 m
Stripekilometer	2162 km
Repetisjonsfrekvens (Hz)	266000
Skannefrekvens (Hz)	93
Skannevinkel prosessert (Gr.)	20
Sideoverlap (%)	50

*Tabell 4: Skanneparametere.*

### 2.2. Benyttet måleutstyr

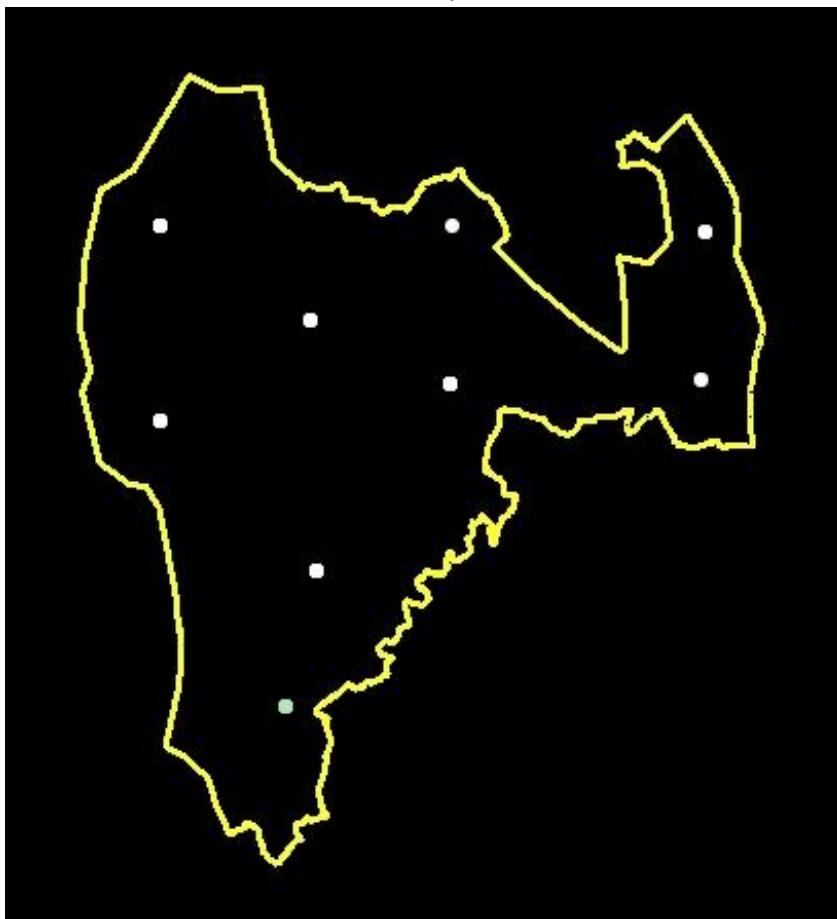
Prosjektet ble fløyet med Riegl LMS Q-780 montert i et fly av typen Piper Navajo med kjennetegn LN-NPZ, men flyttet over i LN-NAB i løpet av prosjektet.

### 2.3. Geodetisk og vertikalt grunnlag

Se kapittel 1.5.

### 2.4. Kontrollflater

Det er benyttet totalt 9 kontrollflater med 36 landmålte punkt i hver flate. Figur 2 viser hvor kontrollflatene er plassert.



Figur 2: Plasseringen av kontrollflatene. Kontrollflatene er markert med hvitt.

Figur 3 viser et eksempel på en kontrollflate. Hvert kontrollpunkt er markert med en rød prikk og hjørnene er markert med røde streker.



Figur 3: Eksempel på en kontrollflate

## 2.5. Transformasjonsmetode

Se kapittel 1.5.

## 2.6. Problemer i forbindelse med laserskanningen

Det ble ikke registrert noen problemer i forbindelse med laserskanningen.

# 3. DATABEARBEIDING

## 3.1. Beregningsarbeidene

Beregningssarbeidet og redigeringsarbeidet er utført av Blom Geomatics.

## 3.2. Daglig kalibrering av lasersystemet

Datasettene er undersøkt for systematiske feil i programvare fra Terrasolid Oy. Mulige forandringer i roll, pitch og skalafaktoren på vinkelmålinger til speilet ble undersøkt.

### 3.3.       XYZ-beregning på lasersystemet

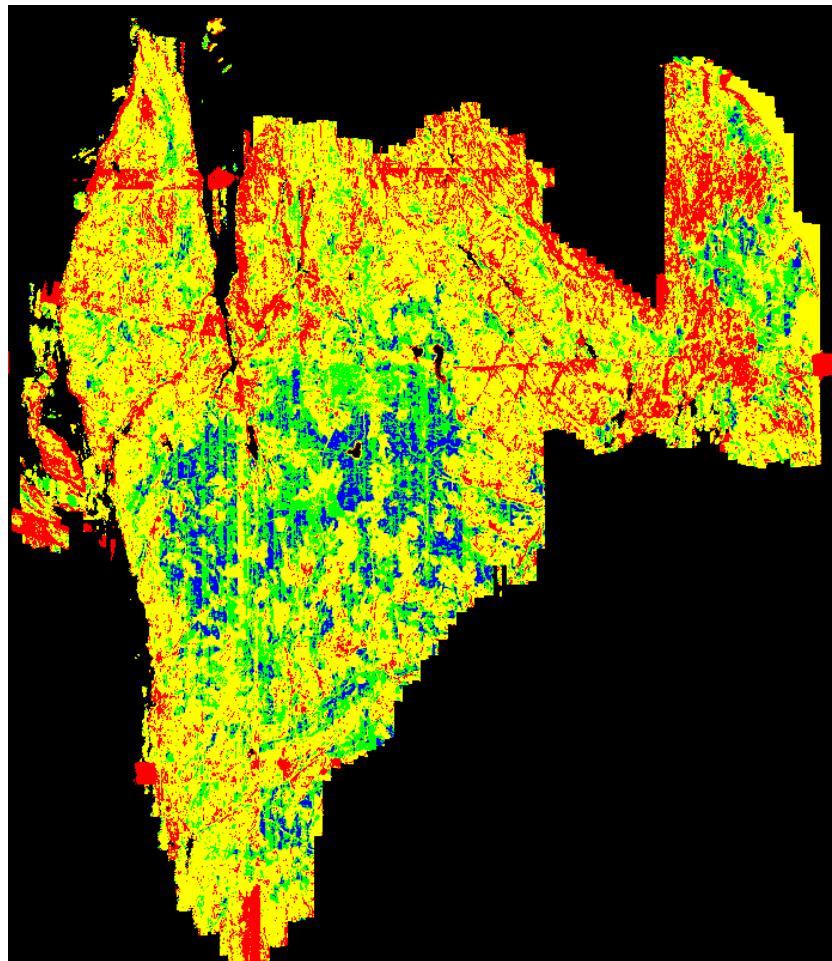
Se kapittel 3.2 for daglig kalibrering.

### Stripejustering

TerraMatch ble brukt for å bestemme og justere for tilfeldige feil i  $\delta Z$ ,  $\delta Roll$ ,  $\delta Pitch$  og  $\delta Heading$  for alle striper.

### Kvalitetskontroll

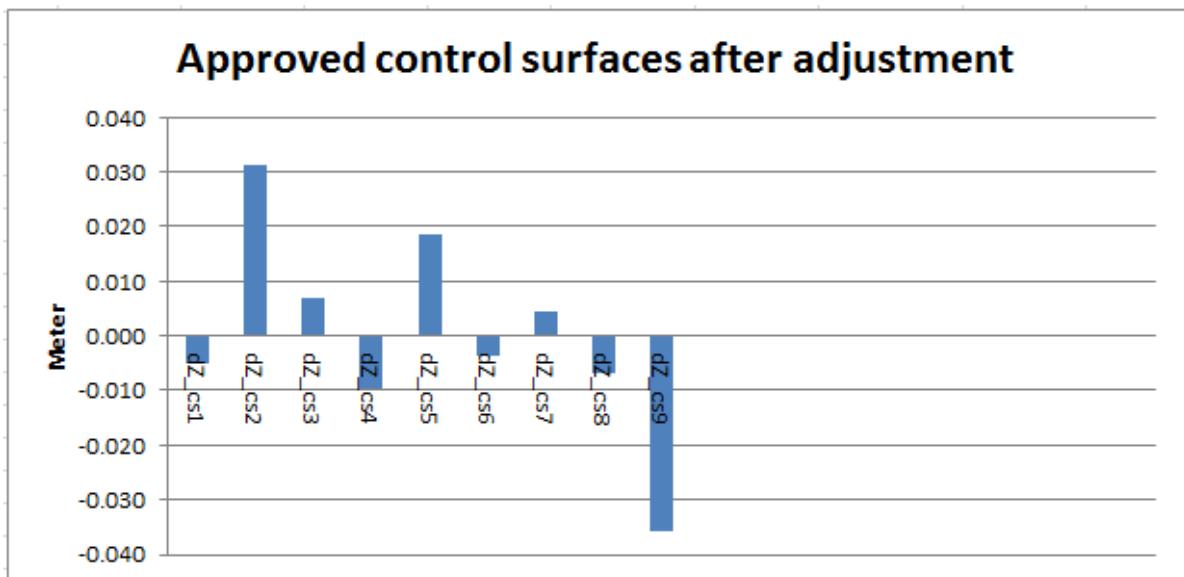
TASQ (Topeye Area Statistics and Quality) ble brukt for å kontrollere konsistensen mellom laserstripene. TASQ estimerer den relative kvaliteten i laserdatasettet gjennom en statistisk evaluering av avvik mellom overlappende laserstriper. TASQ-grafikken er vist i figur 4. Statistikken viser at total RMS for alle overlapsområder er på 7,2 cm. Grafikk og statistikk viser at resultatet er bra.



Figur 4: Grafisk framstilling av TASQ-resultatet.

### 3.4. Modellavvik og kontroll

Datasettet ble kontrollert mot eventuelle høydeavvik (offset) med kontrollflater. Datasettet ble justert 5cm. Etter justering viser kontrollflatene totalt et gjennomsnittlig høydeavvik på 0.005 meter og et standardavvik på 0.027 meter. Figur 5 viser avviket mellom bakkemodellen og kontrollpunktene per flate etter justering. Tabell 5 presenterer statistikk per flate for kontrollflatemålingene.



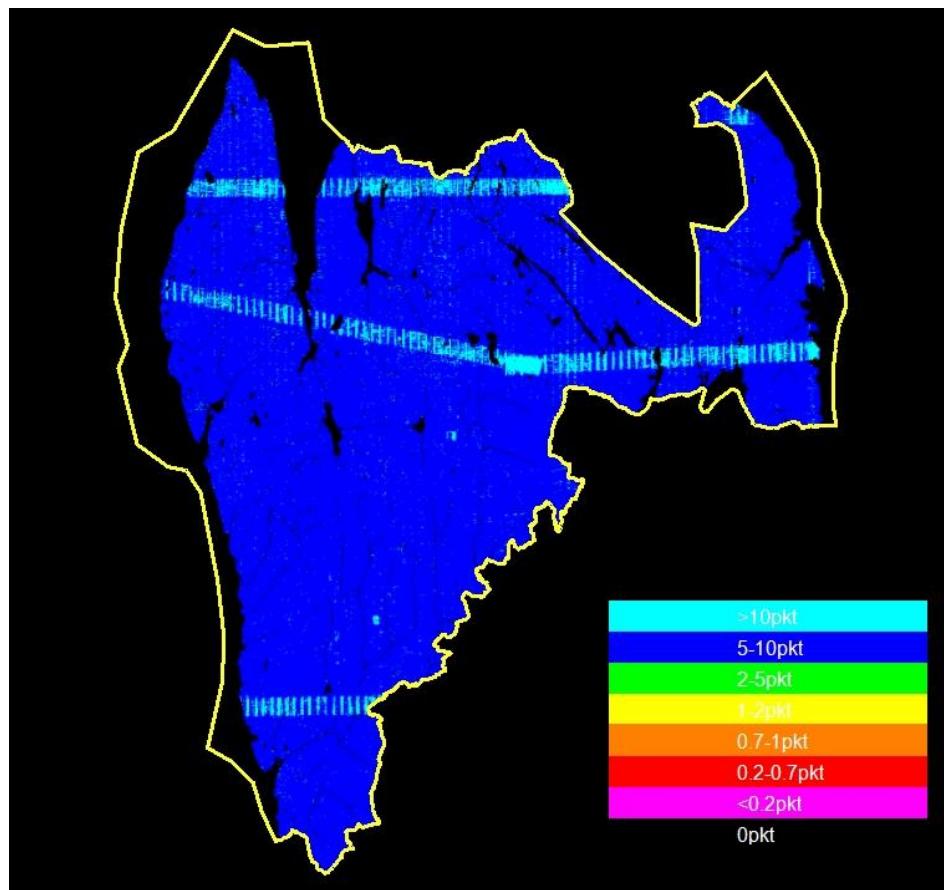
Figur 5: Avviket mellom bakkemodellen og kontrollpunktene etter justering.

	dZ_CS 1	dZ_CS 2	dZ_CS 3	dZ_CS 4	dZ_CS 5	dZ_CS 6	dZ_CS 7	dZ_CS 8	dZ_CS 9
Gjennomsnitt	0.008	0.050	0.008	-0.003	0.019	-0.003	0.004	0.003	-0.037
Minimum dz	-0.019	0.023	-0.025	-0.050	-0.026	-0.037	-0.027	-0.019	-0.070
Maksimum dz	0.036	0.072	0.078	0.028	0.053	0.029	0.040	0.019	0.020
Standardavvik	0.011	0.013	0.026	0.017	0.017	0.016	0.015	0.010	0.020

Tabell 6: Statistikk på kontrollflatemålinger per flate.

### 3.5. Punkttetthet

Kravet til punktetthet er 5 pkt/m<sup>2</sup>. Plottet i figur 6 viser at punktettheten er bedre enn kravet. Kun 0,3 % av sub områdene på 10 x10 meter er under kravet på 5 pkt/m<sup>2</sup>.



Figur 6: Dekning og punkttetthet i pkt/m<sup>2</sup>

Punkttetthet (punkt pr. m <sup>2</sup> )	Prosent i intervallet
5 →	99.70
4.75-5	0.16
4-4.75	0.09
3-4	0.03
← 3	0.02

Tabell 6: Framstilling av punkttettheten.

## 4. LEVERANSEN

### 4.1. Oversikt over innholdet i leveransen

Data er levert på FTP. En oversikt over totalleveransen står i 6 og 7.

Område	Antall laserpunkt	Antall filer			
		LAS	SOSI	DOM	DTM
Follo 2014	8 802 646 763	1877	4638	1877	1876

Tabell 7: Oversikt over totalleveransen.

Rapport	Denne rapporten med alle vedlegg ligger i katalogen "Rapport"
---------	---

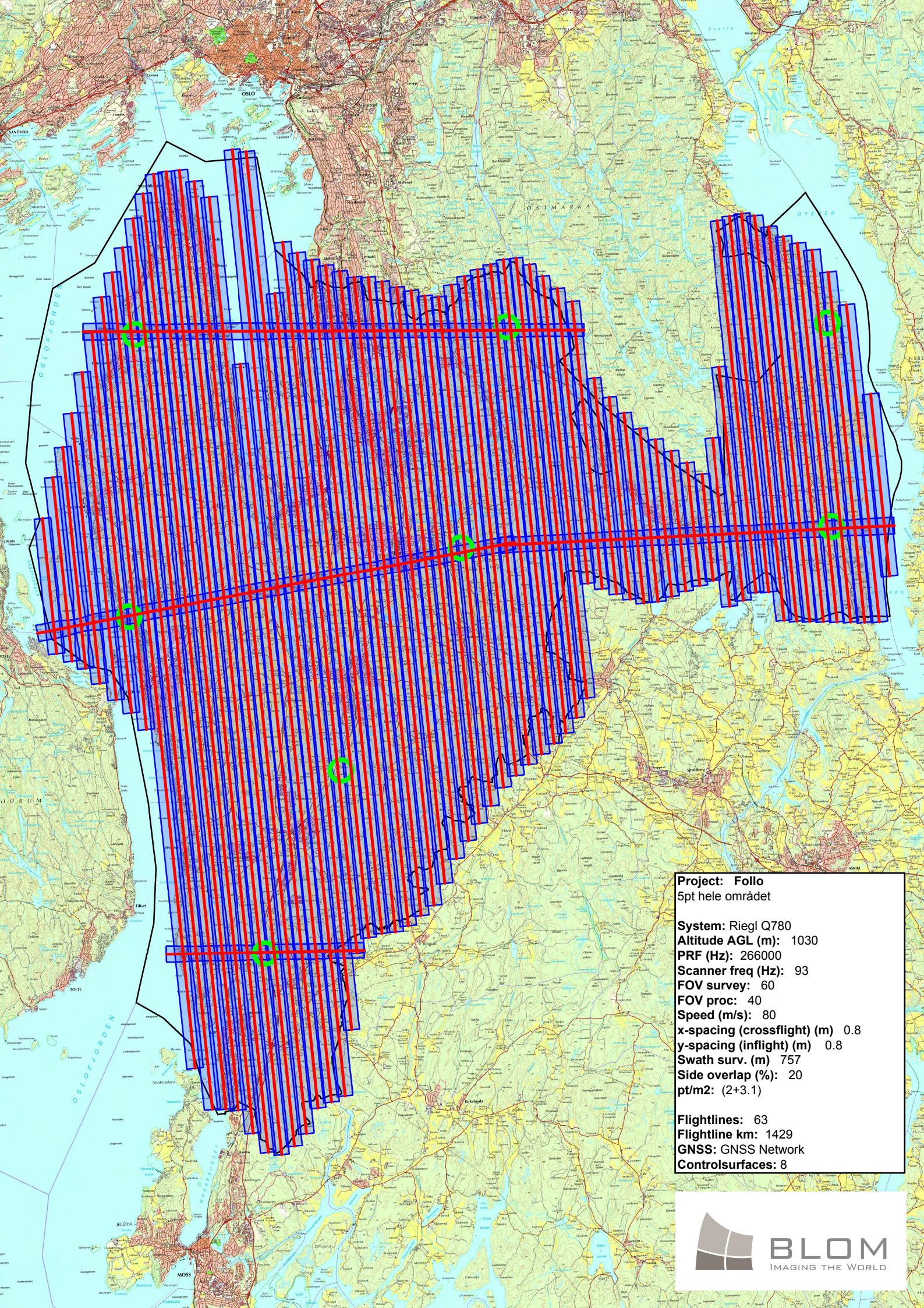
Tabell 8: Oversikt over filer som er vedlagt leveransen.

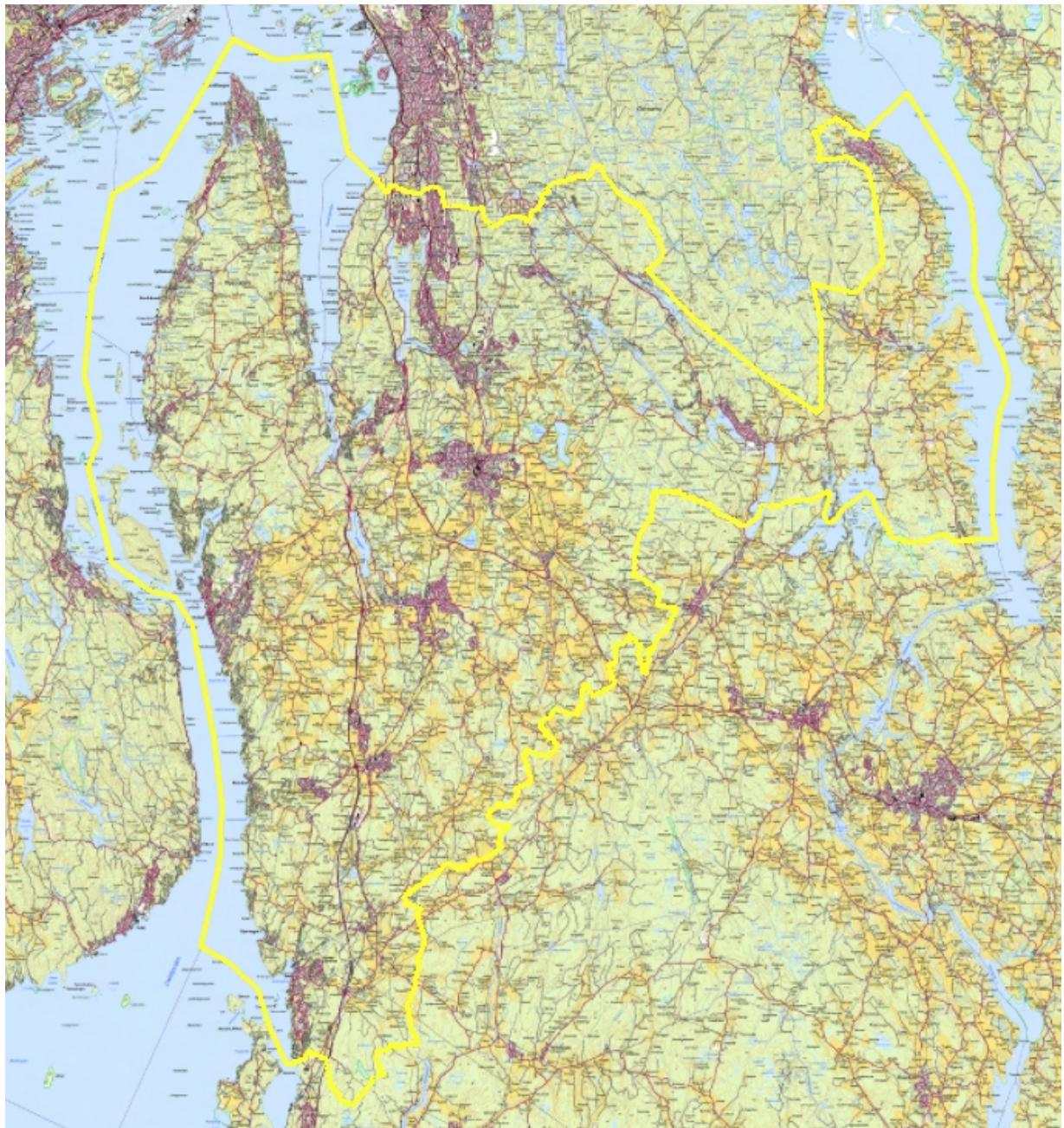
#### 4.1.1. Punktsky

Punktene er levert med koordinat- og høydesystem som beskrevet i kapittel 1.5. Punktfilene er delt opp i kartblad.

Alle punkt er levert ferdig bakkeklassifisert på 3 forskjellige formater:

- LAS-filene, som inneholder alle punkt, er kodet med følgende klasser: 1, 2, 7 og 10.
- Separate SOSI-filer for klassene 1, 2, 7 og 10.
- Separate terreng- og overflatemodeller som grid, på TIFF format, for klassene 1, 2, 7 og 10.



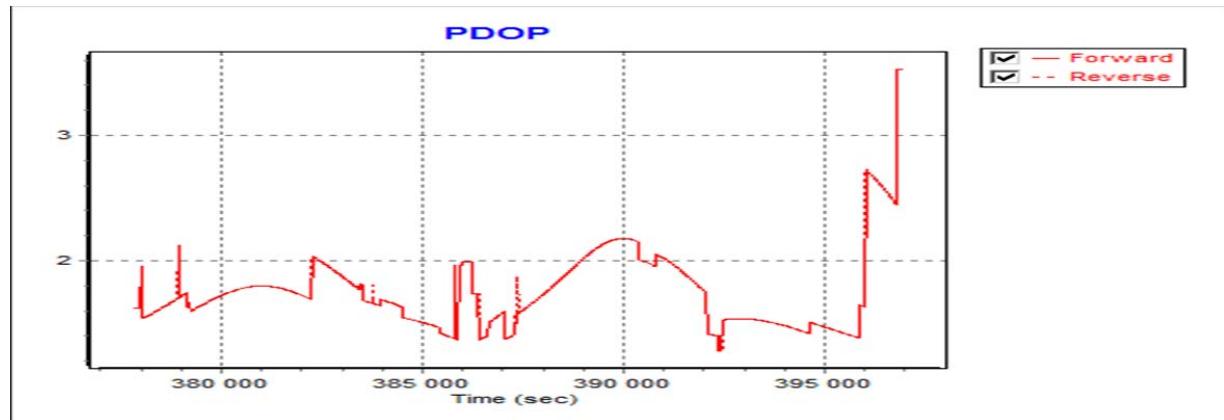


Sammendrag av resultat fra GNSS/INS-beregning – NPZ30314a

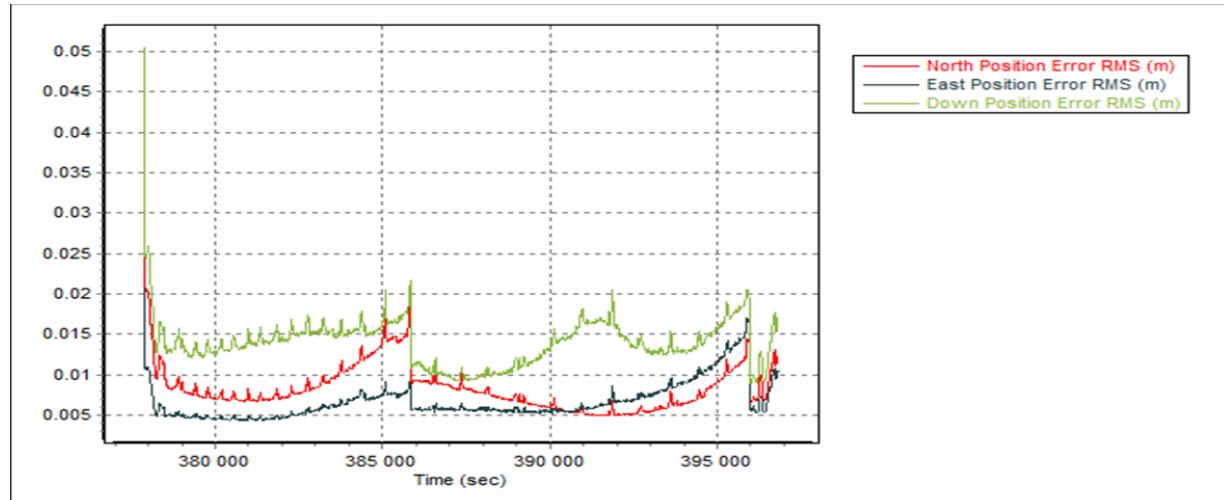
Tabell 1 gir informasjon om flygingen.

Navn på flyging:	Dato:	Tid:	Vær:	Flystriper:
NPZ30314a	20141030	-	-	1-26

*Tabell 1: Informasjon om flygingen.*



Figur 1: Pdop



Figur 2: Viser seperasjon mellom 2 antatt uavhengige GNSS heltalllösninger. Liten forskjell indikerer en god GNSS løsning.

## Konklusjon

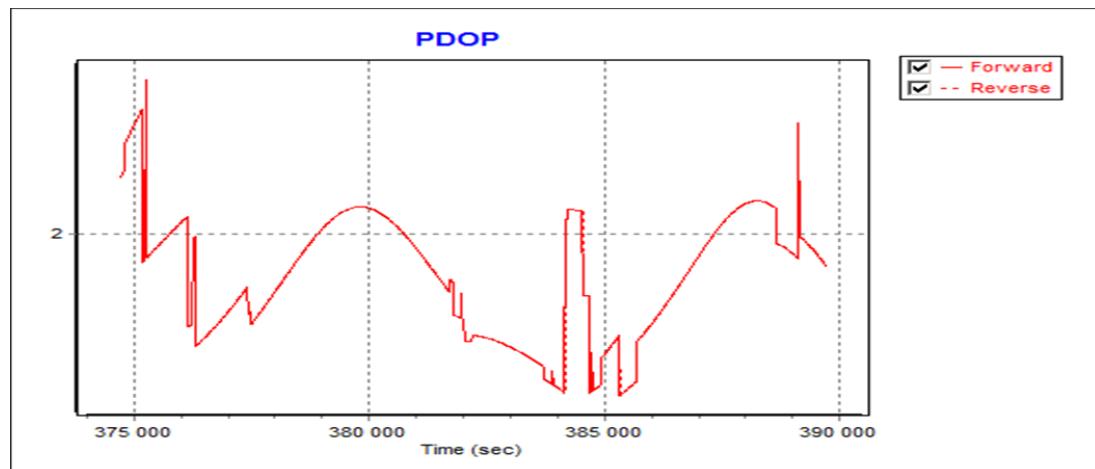
Løsningene er beregnet med Applanix POSPac MMS 7.0. Det er ingen datagap i IMU- eller GNSS-dataene. Den estimerte nøyaktigheten sammen med en rekke kvalitetskontroller i programvaren viser at løsningene er gode og innenfor spesifikasjonene til instrumentet.

## Sammendrag av resultat fra GNSS/INS-beregning – NPZ31014a

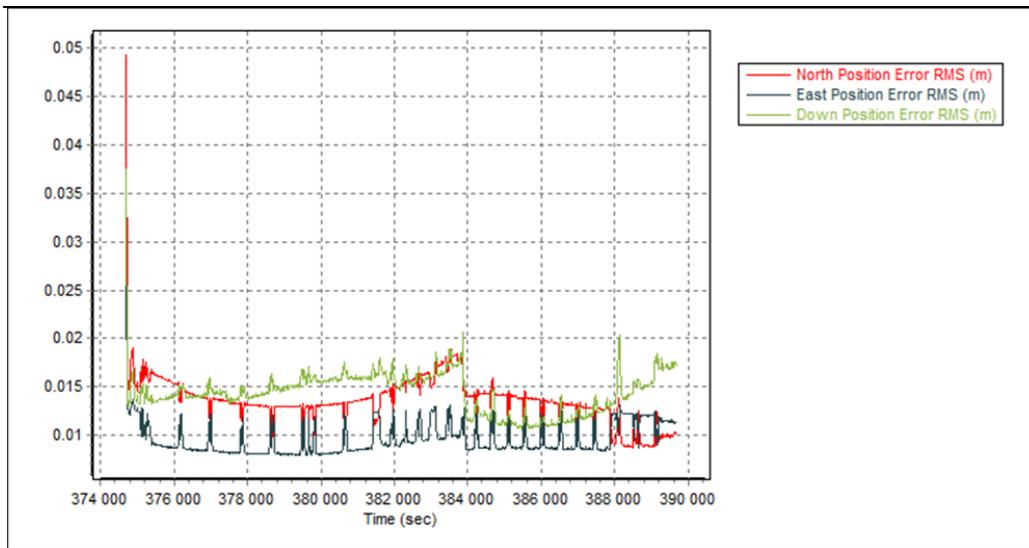
Tabell 12 gir informasjon om flygingen.

Navn på flyging:	Dato:	Tid:	Vær:	Flystriper:
NPZ31014a	20141106	-	-	27-33, 60-63, 80-90, 93-94

Tabell 2: Informasjon om flygingen.



Figur 3: Pdop



Figur 4: Viser separasjon mellom 2 antatt uavhengige GNSS heltall løsninger. Liten forskjell indikerer en god GNSS løsning.

## Konklusjon

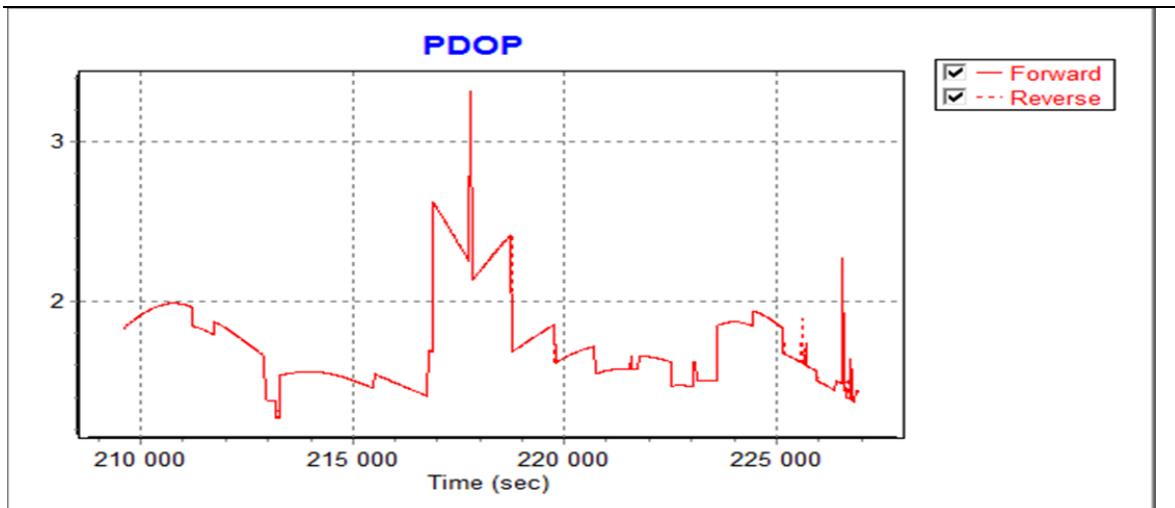
Løsningene er beregnet med Applanix POSPac MMS 7.0. Det er ingen datagap i IMU- eller GNSS-dataene. Den estimerte nøyaktigheten sammen med en rekke kvalitetskontroller i programvaren viser at løsningene er gode og innenfor spesifikasjonene til instrumentet.

## Sammendrag av resultat fra GNSS/INS-beregning – NAB32914a

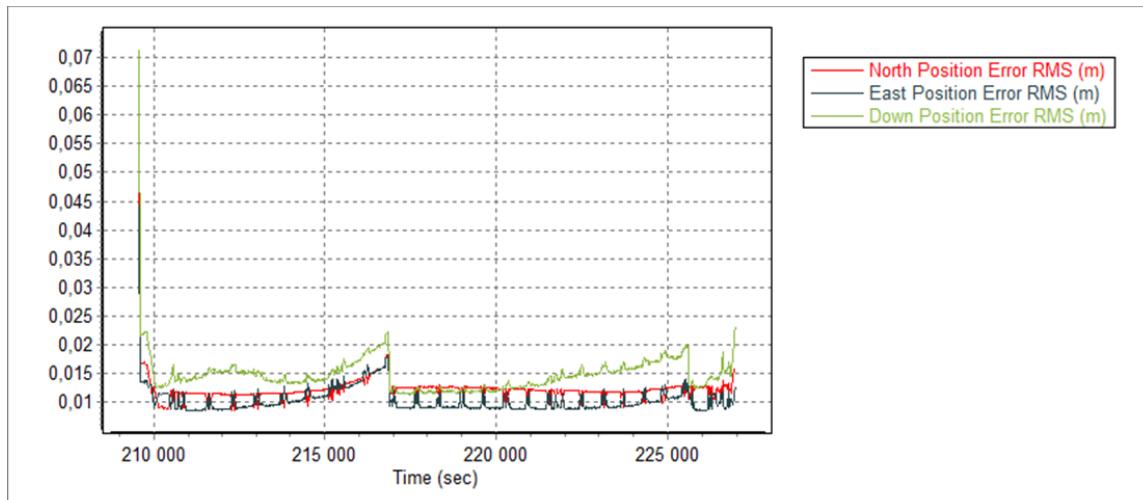
Tabell 13 gir informasjon om flygingen.

Navn på flyging:	Dato:	Tid:	Vær:	Flystriper:
NAB32914a	20141125	-	-	34-55

Tabell 3: Informasjon om flygingen.



Figur 5: Pdop



Figur 6: Viser separasjon mellom 2 antatt uavhengige GNSS heltall løsninger. Liten forskjell indikerer en god GNSS løsning.

## Konklusjon

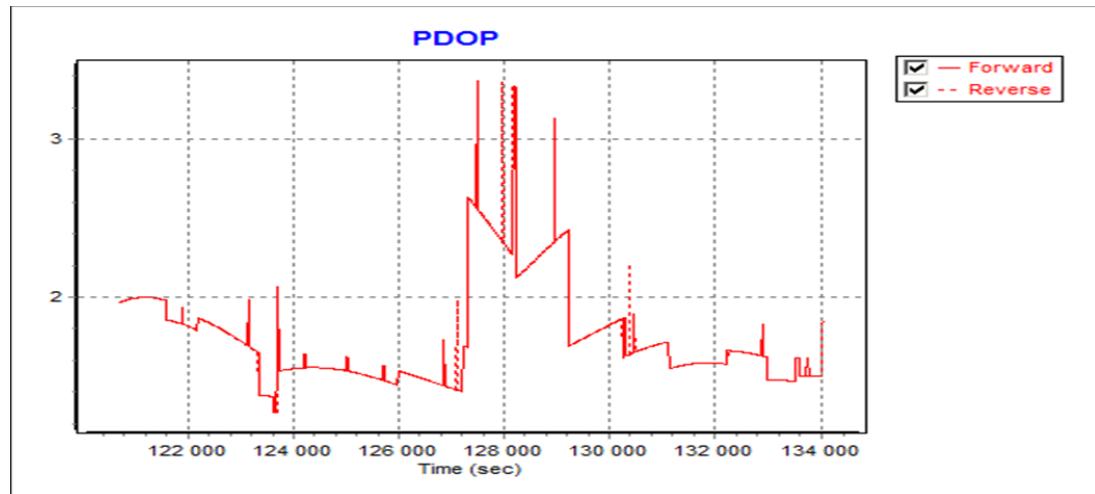
Løsningene er beregnet med Applanix POSPac MMS 7.0. Det er ingen datagap i IMU- eller GNSS-dataene. Den estimerte nøyaktigheten sammen med en rekke kvalitetskontroller i programvaren viser at løsningene er gode og innenfor spesifikasjonene til instrumentet.

## Sammendrag av resultat fra GNSS/INS-beregning – NAB34214a

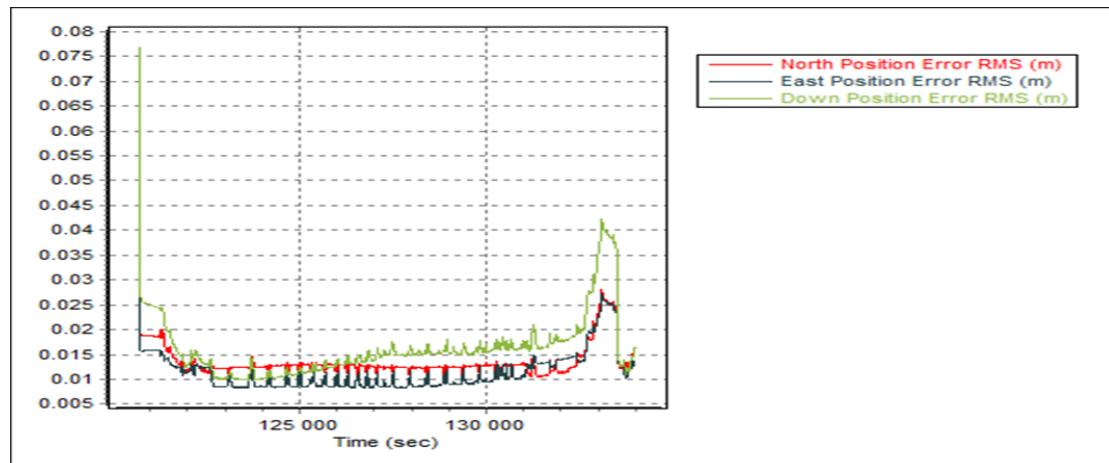
Tabell 14 gir informasjon om flygingen.

Navn på flyging:	Dato:	Tid:	Vær:	Flystripes:
NAB34214a	20141208	-	-	56-59, 64-79, 91-92, 95

Tabell 4: Informasjon om flygingen.



Figur 7: Pdop



Figur 8: Viser seperasjon mellom 2 antatt uavhengige GNSS heltall løsninger. Liten forskjell indikerer en god GNSS løsning.



---

## Konklusjon

Løsningene er beregnet med Applanix POSPac MMS 7.0. Det er ingen datagap i IMU- eller GNSS-dataene. Den estimerte nøyaktigheten sammen med en rekke kvalitetskontroller i programvaren viser at løsningene er gode og innenfor spesifikasjonene til instrumentet.

Match report BNO14004 Follo 2014

Solution for individual strips  
Combined solution for all scanners

Starting avg 3d mismat 0.03065  
Starting avg xy mismat 0.00000  
Starting avg z mismatc 0.03065

Final avg 3d mismatch: 0.02191  
Final avg xy mismatch: 0.00000  
Final avg z mismatch: 0.02191

Execution time: 303.1 sec  
Number of iterations: 12

Flightline	Z shift	R shift	P shift
1	+0.021	+0.0042	+0.0139
2	-0.003	+0.0024	+0.0025
3	-0.010	+0.0020	+0.0134
4	-0.003	-0.0002	-0.0005
5	+0.013	+0.0041	+0.0088
6	-0.003	-0.0014	-0.0007
7	-0.005	+0.0022	+0.0031
8	-0.005	+0.0014	-0.0009
9	-0.003	+0.0014	+0.0051
10	-0.005	+0.0002	-0.0011
11	+0.004	+0.0018	+0.0001
12	-0.004	-0.0005	-0.0024
13	-0.004	+0.0027	+0.0033
14	+0.002	-0.0004	-0.0021
15	+0.008	+0.0020	+0.0021
16	+0.018	-0.0013	-0.0016
17	-0.008	+0.0031	+0.0003
18	-0.005	-0.0012	-0.0027
19	+0.036	+0.0019	+0.0011
20	+0.016	-0.0032	-0.0021
21	-0.008	+0.0007	+0.0017
22	+0.014	-0.0033	-0.0010
23	+0.012	+0.0008	+0.0039
24	+0.012	-0.0014	-0.0033
25	+0.011	+0.0014	+0.0079
26	-0.025	-0.0036	-0.0052
27	-0.005	+0.0036	+0.0044
28	-0.002	+0.0012	+0.0067
29	+0.003	+0.0038	-0.0027
30	+0.014	-0.0024	+0.0009
31	+0.015	-0.0002	-0.0053
32	+0.001	-0.0039	+0.0032
33	+0.000	+0.0006	-0.0059
34	-0.022	+0.0068	+0.0083
35	-0.011	+0.0009	+0.0046
36	-0.017	+0.0044	+0.0040
37	-0.003	+0.0013	+0.0008
38	+0.002	+0.0030	+0.0004
39	+0.012	-0.0023	-0.0007
40	-0.003	+0.0030	+0.0006
41	-0.018	-0.0042	-0.0013
42	-0.024	+0.0009	-0.0006
43	-0.014	-0.0035	-0.0004
44	+0.023	+0.0022	-0.0014
45	+0.002	-0.0036	-0.0023
46	-0.012	+0.0008	+0.0004
47	-0.005	-0.0021	-0.0049
48	-0.011	+0.0001	+0.0002
49	-0.017	-0.0040	-0.0021
50	-0.024	+0.0014	+0.0005
51	-0.038	-0.0016	+0.0012
52	-0.025	+0.0011	+0.0011
53	-0.016	-0.0041	-0.0024
54	-0.024	+0.0003	-0.0047
55	-0.023	-0.0062	+0.0004
56	-0.033	+0.0031	+0.0029
57	-0.033	-0.0012	+0.0077
58	-0.012	+0.0034	+0.0040
59	-0.017	+0.0003	+0.0034

60 -0.033 -0.0062 +0.0023  
61 -0.018 +0.0012 +0.0023  
62 -0.020 -0.0024 +0.0018  
63 -0.004 +0.0045 +0.0022  
64 -0.020 +0.0055 -0.0011  
65 -0.030 -0.0019 +0.0026  
66 -0.031 +0.0044 +0.0008  
67 -0.024 -0.0021 -0.0003  
68 -0.026 +0.0018 +0.0023  
69 -0.021 -0.0022 -0.0024  
70 +0.006 +0.0017 +0.0023  
71 +0.023 -0.0026 -0.0023  
72 +0.003 +0.0031 +0.0018  
73 +0.006 -0.0020 -0.0044  
74 -0.003 +0.0021 -0.0011  
75 -0.039 -0.0041 +0.0016  
76 -0.008 +0.0037 -0.0023  
77 -0.022 -0.0034 -0.0005  
78 -0.008 -0.0005 -0.0055  
79 +0.016 -0.0027 -0.0013  
80 -0.007 +0.0020 +0.0041  
81 +0.012 +0.0031 +0.0026  
82 +0.015 -0.0053 -0.0064  
83 +0.023 +0.0039 -0.0093  
84 +0.011 -0.0018 +0.0042  
85 -0.019 +0.0030 +0.0113  
86 -0.007 -0.0043 +0.0019  
87 -0.010 +0.0007 +0.0051  
88 -0.008 -0.0067 -0.0008  
89 -0.015 +0.0016 -0.0150  
90 +0.008 -0.0078 -0.0273  
91 -0.019 +0.0001 -0.0030  
92 -0.039 -0.0008 +0.0112  
93 -0.018 -0.0010 -0.0033  
95 +0.038 -0.0020 +0.0035  
942 -0.011 -0.0008 +0.0125

Number of usable observations

Flightline	Z	Roll	Pitch
1	5516	5079	3244
2	6389	5707	4332
3	5100	4617	3310
4	5897	5423	3900
5	8689	8306	5691
6	10416	10050	7458
7	16127	15618	11745
8	23390	22624	17017
9	27651	26722	20090
10	31587	30621	22384
11	35676	34526	25401
12	41512	40308	28837
13	48510	47027	34112
14	57591	56080	39428
15	65473	63846	44988
16	74261	72806	47922
17	79991	78639	50762
18	83375	82227	49584
19	85637	84453	51079
20	83596	82493	47972
21	81282	80106	47086
22	75782	74695	43512
23	74718	73541	43423
24	76137	74714	43267
25	78780	77311	44370
26	81957	80345	45817
27	85171	83899	45917
28	87226	86179	47816
29	90520	89301	50550
30	87605	86350	48220
31	84930	83694	46129
32	83913	82714	46542
33	83191	82202	45036
34	74158	73269	41767
35	70459	69683	39617
36	68721	67897	38944
37	68833	68097	36792

38	69207	68534	35893
39	68544	67919	35724
40	67248	66564	36679
41	66849	66294	37983
42	64087	63479	36429
43	62197	61696	33798
44	60961	60440	32078
45	61521	60922	31686
46	60055	59478	30592
47	59849	59147	31682
48	58026	57346	31734
49	53905	53088	32011
50	53046	52118	32986
51	51434	50275	34175
52	48993	47754	33367
53	45911	44407	32824
54	42123	40725	30528
55	43271	41748	31291
56	41867	40521	28631
57	39764	38433	27620
58	36862	35653	24512
59	28721	27653	20504
60	19081	18545	12526
61	18262	17680	13059
62	17669	17197	11896
63	17090	16526	12289
64	17238	16677	11963
65	17319	16758	12206
66	17270	16830	11523
67	15987	15663	10347
68	14747	14482	9260
69	13718	13483	8350
70	12840	12503	8212
71	12536	12249	7630
72	12320	11954	8376
73	30212	28963	19360
74	35926	34471	23161
75	34006	32712	22013
76	32739	31447	21186
77	32587	31370	21324
78	31597	30439	19811
79	34614	33624	20792
80	36600	35453	22263
81	39026	38028	24152
82	39367	38276	24991
83	39925	38874	25285
84	39193	38276	24604
85	35616	34908	21533
86	32645	31831	20320
87	28390	27612	17801
88	19460	18788	12190
89	11876	11416	7347
90	8831	8557	4955
91	19202	18898	7127
92	6780	6437	2416
93	42369	41679	14207
95	37791	36337	15403
942	36789	36121	13100