

LASERSKANNING FOR NASJONAL
DETALJERT HØYDEMODELL

NDH Krødsherad-
Ringerike-Hole
5pkt 2016

INNHOUDSFORTEGNELSE

1. GENERELLE OPPLYSNINGER I PROSJEKTET	4
1.1 OPPDRAGSGIVER	4
1.2 OPPDRAGET	4
1.3 OPPDRAGSTAKER	4
1.4 KOORDINATSYSTEM	4
1.5 GENERELL BESKRIVELSE AV NASJONAL DIGITAL HØYDEMODELL	5
1.6 BESKRIVELSE AV SKANNEBLOKK	5
1.7 KARTUTSNITT SKANNEBLOKK	6
1.8 RAPPORT	6
1.9 KVALITETSSIKRING	7
2. ETABLERING AV KONTROLLPUNKT	8
2.1 METODER FOR FREMSKAFFING AV KONTROLLFLATER	8
2.1.1 Måling av kontrollflater med RTK-GNSS	8
2.1.2 Måling av kontrollpunkt fra bil	8
2.2 BENYTTETE AV KONTROLLDATA I SKANNEBLOKKEN	9
3. GJENNOMFØRING AV LASERSKANNING	10
3.1 BENYTTETE SENSORSYSTEMER	10
3.2 INSTRUMENTKALIBRERING	10
3.2.1 Leverandørkalibrering	10
3.2.2 Installasjonskalibrering	11
3.2.3 Prosjektkalibrering	11
3.3 DEKNINGSNUMMER	11
3.4 KLARMELDING	11
3.5 UTFØRELSE AV DATAINNSAMLING	12
3.6 AVVIK UNDER DATAINNSAMLING	12
3.7 VURDERING AV RESULTAT FOR UTFØRT DATAINNSAMLING	12
4. PROSESSERING AV GEOREFERERT PUNKTSKY	12
4.1 BREGNING AV NAVIGASJONSLØSNING	12
4.1.1 Vurdering av resultat av navigasjonsløsninger	13
4.2 GEOREFERERING AV PUNKTSKY	13
4.2.1 Transformasjoner	13
4.2.2 Generering av punktsky	14
4.2.3 Prosjektkalibrering	14
4.2.4 Stripeutjevning	14
4.3 KONTROLL AV TETTHET PUNKTSKY	14
4.4 KONTROLL AV HOMOGENITET PUNKTSKY	15
4.5 KONTROLL AV HØYDENØYAKTIGHET	15
4.6 KONTROLL AV GRUNNRISSNØYAKTIGHET	16

4.7	SAMLET VURDERING AV UTFØRT GEOREFERERING.....	17
5.	KLASSIFISERING AV PUNKTSKY	17
5.1	KLASSIFISERING «TERRENG»	17
5.2	KLASSIFISERING «STØYPUNKTER»	18
5.3	KLASSIFISERING «BRUELEMENTER»	18
5.4	KLASSIFISERING «SNØ/IS»	18
5.5	KLASSIFISERING «UKLASSIFISERT».....	18
5.6	VURDERING AV UTFØRT KLASSIFISERING	18
6.	LEVERANSER.....	20
6.1	LEVERANSE AV FORELØPIG LEVERANSE	20
6.2	KOMMENTARER PÅ FEIL OG MANGLER I FORELØPIG LEVERANSE	20
6.3	ENDELIG LEVERANSE.....	20
6.3.1	<i>Klassifiserte Laserdata.....</i>	<i>20</i>
6.3.2	<i>Prosjektrapport</i>	<i>20</i>
6.3.3	<i>Prosjektavgrensning.....</i>	<i>21</i>
6.3.4	<i>Flystriper.....</i>	<i>21</i>
6.3.5	<i>Kontrollflater.....</i>	<i>21</i>

1. GENERELLE OPPLYSNINGER I PROSJEKTET

1.1 Oppdragsgiver

Navn:	Statens Kartverk
Besøksadresse:	Kartverksveien 21. Hønefoss
Postadresse:	PB 600 Sentrum, 3507 Hønefoss
Prosjektleder:	Jon Arne Trollvik

1.2 Oppdraget

Navn:	Nasjonal Digital Høydemodell
Nr/betegnelse:	LACH0001
Skanneblokk:	A10_5p
Kommuner:	Ringerike, Krødsherad, Flå, Hole
Fylke:	Buskerud
Terratec prosjektnr:	7098
Terratec dekningsnr:	42018

1.3 Oppdragstaker

Navn:	TerraTec AS
Besøksdresse:	Vækerøveien 3, 0281 Oslo
Postdresse:	Vækerøveien 3, 0281 Oslo
Prosjektleder:	Tormod Jensen
Fagansvarlig:	Petter Solli
Underleverandør:	Blom Geomatics AS

1.4 Koordinatsystem

Datum:	Euref 89
Kartprojeksjon:	UTM
Sone:	32
Vertikalt høydesystem:	NN2000
Geoidemodell:	Href2016A

1.5 Generell beskrivelse av Nasjonal Digital Høydemodell

Det skal etableres en landsdekkende detaljert høydemodell innen 2020. For å etablere denne høydemodellen vil det bli benyttet eksisterende laserdata av god kvalitet, bildematching i fjellområder uten vegetasjon(separat anskaffelse) og ny laserskanning i perioden 2016-2019. I denne perioden fra 2016-2019 er planen å utføre laserskanning av ca. 230.000 km² av Norges landareal. Laserskanningen vil bli utført med minimum 2 pkt/m². Utvalgte områder vil bli laserskannet med 5 pkt/m².

Teknisk spesifikasjon: FKB-Laser10

Skannevinkel: Maksimum +-20 grader fra loddlinjen.

Hull i data: Hull i laserdataene aksepteres kun dersom de er forårsaket av permanente vannoverflater eller flater med lav refleksjon.

Klassifisering av laserdata: Lasedata skal klassifiseres i klassene 1(uklassifisert),2 (terrengoverflate), 7 (støy), 10 (brupunkter) og 13(snø/is).

Høydekurver: Det skal genereres høydekurver med 1 meters ekvidistanse i henhold til FKB-høydekurve.

1.6 Beskrivelse av Skanneblokk

Det er utført en datainnsamling og leveranse av en skanneblokk A10_5p som inngår i Nasjonal Digital Høydemodell.

Datainnsamlingen, prosessering og leveranse er utført etter kravspesifikasjon i dette prosjektet.

Skanneblokk: A10_5p

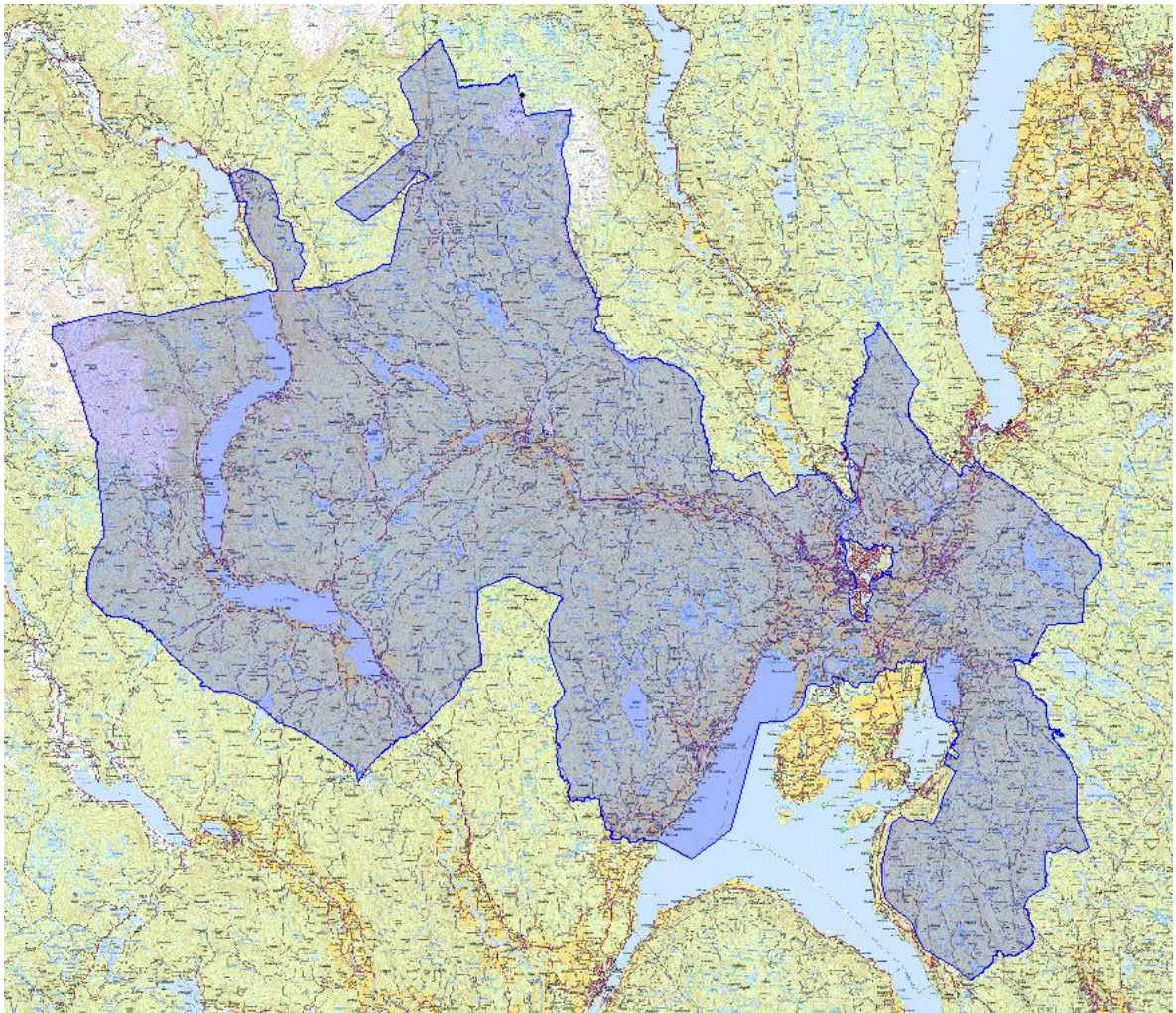
Totalt landareal: 1201.48 km²

Punktetthet: 5pkt/m²

Skogleveranse: Ikke aktuelt i dette prosjektet.

Avvik fra kravspesifikasjon: Det er ikke blitt avtalt avvik fra kravspesifikasjon.

1.7 Kartutsnitt Skanneblokk



1.8 Rapport

Det er utarbeidet en digital rapport for dette prosjektet. Rapporten oversendes oppdragsgiver og blir lagret i TerraTecs og Blom Geomatics sitt arkiv.

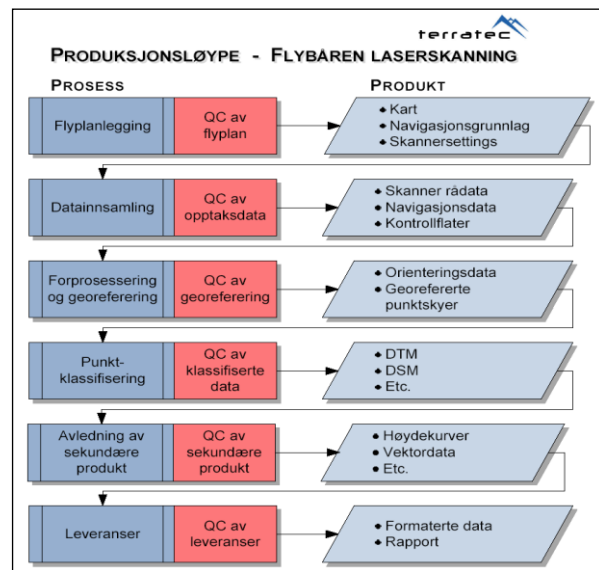
Rapport utarbeidet,

Skøyen, 25.10.2016
 Gunhild Mæhlum
 Blom Geomatics AS

1.9 Kvalitetssikring

Kvalitetssikringsopplegget er utført i.h.h.t. TerraTecs kvalitetsstyrings-system. Opplegget for denne type produksjon er vist skjematisk i figuren til høyre. I dette prosjektet er det spesielt lagt vekt på:

- Kalibrering av sensorsystem
- Tverrstriper og flystriper i forskjellige retninger
- Utjevning mellom overlappende striper
- Justering mot kontrollflater



2. ETABLERING AV KONTROLLPUNKT

Det er i kravspesifikasjonen beskrevet at kontrollflater skal utføres i henhold til *Produksjon av basis geodata* og rapporteres i henhold til *Satellittbasert posisjonsbestemmelse*.

- Det skal etableres minimum 6 kontrollflater i hver skanneblokk.
- I skanneblokker med både 2 og 5 pkt/m², skal det etableres minimum 3 kontrollflater i hvert område.
- I skanneblokker med lite infrastruktur kan kravene avvikes. Det kreves da dokumentasjon på kontroll av nøyaktighet.

Det er i dette prosjektet åpnet for å avvike fra kravet i *Produksjon av basis geodata* om innmåling av nye kontrollprofiler for kontroll av grunnrissnøyaktigheten. Det kan benyttes eksisterende FKB-data til dette formålet.

2.1 Metoder for fremskaffing av kontrollflater

Kontrollflater skal fungere som en kontroll av absolutt nøyaktighet i høyde. Det er åpnet opp for å benytte både tradisjonell innmåling av kontrollflater gjennom RTK-GNSS og en alternativ metode med å bruke treghetsnavigasjonsutstyr fra bil. Det vil for hver enkelt skanneblokk avgjøres hvilken metode som vil gi best resultat. I enkelte skanneblokk vil en kombinasjon av disse to metodene benyttes.

2.1.1 Måling av kontrollflater med RTK-GNSS

Måling av kontrollflater med nettverks RTK-GNSS (CPOS eller TopNet) utføres ved innmåling av punktene 2 ganger med tidsforskyvning for å redusere korrelasjon mellom målingene.

2.1.2 Måling av kontrollpunkt fra bil

Hjulsporene med akseptert kvalitet tas inn i sin helhet for beregning av differanser mot punktskyen. En del av differansene vil ikke være egnet for kontroll eller justering. Typiske årsaker vi kunne være f.eks.: bilen har kjørt inn i en tunnel eller under en bro, eller at det er utført inngrep i terrenget i perioden mellom måling og flybåren datafangst. I tillegg kommer naturligvis eventuelle grove feil i måledata.

Differansene må derfor gjennomgå en rensing før et globalt skift kan avledes. Denne rensingen baseres på såkalte robuste statistiske metoder. Robust statistikk har en meget høy toleranse for avvikende data (både antall feil og størrelsen på feilene), og er vesentlig bedre egnet enn f.eks. minste kvadraters metode.

Som et første steg beregnes medianen som et estimat på forventning, og interkvartildistansen som spredningsmål. I praksis vil dette gi gode resultater selv der 30-40 % av data er grove feil. Reell datakvalitet forventes å være betydelig bedre.

I neste steg forkastes data som avviker mer enn ± 1.5 ganger interkvartildistansen. For normalfordelte data svarer disse grenseverdiene til en feilslutningssannsynlighet på ca 5 %. En ny beregning av median og interkvartildistanse gjøres deretter globalt, og i tillegg isolert for hver av de fire kvadrantene av datasettet. På denne måten verifiseres konsistensen i datasettet, og gjør at avvikende områder kan identifiseres og isoleres.

En operatør vil avgjøre om resultatet er tilfredsstillende, eller om eventuelle avvikende områder må undersøkes nærmere. Prosessen vil da gjentas med nye data som input.

Etter fjerning av grove feil vil datamaterialet være tilnærmet normalfordelt, noe som også kan underbygges av Sentralgrenseteoremet. Midlere differanse vil være et optimalt estimat for skiftet, og standardavviket et realistisk estimat på spredningen. Det er satt opp et automatisk filter som eksporterer punkter som tilfredsstiller krav til høy nøyaktighet.

Vi henviser til egen landmålingsrapport.

2.2 Benyttede av kontrolldata i skanneblokken

Det er i denne skanneblokken fremskaffet kontrollpunkter på følgende metode:

Måling av kontrollpunkt fra bil:

Utført av:	TerraTec AS
Antall målepunkt:	170755
Målemetode:	Hjulspor bakhjul
Målebil:	M003

Det henvises til **Vedlegg 5** for dokumentasjon av utførelse av måling av kontrollpunkt fra bil.

3. GJENNOMFØRING AV LASERSKANNING

3.1 Benyttede sensorsystemer

Det er benyttet flere konfigurasjoner av fly og lasersensorer med tilhørende utstyr i prosjektet *Nasjonal detaljert høydemodell*. Nedenfor vises en tabell med benyttet utstyr for aktuell skanneblokk.

Konfigurasjon	5
Lasersensor	
Fabrikat	Riegl
Type	LMS Q-1560
Serienr	2221114
Kalibrering	22.2.2016
IMU	
Type	Applanix model IMU57
Gyromount	
Fabrikat	SOMAG
Type	GSM4000
GNSS	
Fabrikat	Trimble Applanix
Type	AV-610 ver 6
Serienr	6675
Loggrate	5 Hz
Fly	
Fabrikat	Piper Aircraft
Type	PA-31 Navajo
Kallesignal	LN-NAB
Trykkabin	Nei

3.2 Instrumentkalibrering

Kalibrering av instrumentene utføres av både leverandør av sensorsystemene og TerraTec eller underleverandør der dette benyttes. Det utføres en leverandørkalibrering, installasjonskalibrering og en kalibrering ved flygning av prosjekt.

3.2.1 Leverandørkalibrering

Det blir utført en kalibrering av sensorene ved fabrikk. Dette utføres ved overtakelse av instrumentet. Videre følger sensoren en vedlikeholdsplan ved periodisk kontroll av verdiene. Utover dette utføres leverandørkalibrering dersom det er oppgradering av

systemet hvor det kreves nye verdier. Ved feil eller mistanke om feil i fabrikkkalibrering kontaktes leverandør og behov for ny kalibrering diskuteres.

Det henvises til gjeldende leverandørkalibrering i Vedlegg 1.

3.2.2 Installasjonskalibrering

Det utføres en installasjonskalibrering av systemet ved første gang bruk, ved endringer av leverandørkalibrering eller ved endringer av installasjoner. Her blir leverandørkalibrering verifisert. I denne kalibreringen vil vinkelforskjeller mellom komponentene løses ut. Videre blir vektorene mellom GNSS-antenne, IMU-sensor og lasersensor verifisert gjennom estimering i programvaren TerraPos. Ved hjelp landmålte data i terrenget blir også lasersensors avstandskorreksjoner verifisert.

Installasjonskalibrering er utført av sensorleverandør Riegl med våre innsamlede data over kalibreringsfelt i Fredrikstad.

Det henvises til Vedlegg 1.

3.2.3 Prosjektkalibrering

Det er foretatt en prosjektkalibrering for hver enkelt flysesjon. I denne prosjektkalibreringen estimeres det verdier for vinkelforskjeller i lasersensor. Det benyttes primært data i området med tverrstripe. Ved små signifikante endringer til gjeldene kalibrering påføres disse datasettet for hver sesjon. Ved større signifikante endringer vil en utvidet analyse utføres for å avdekke misforhold.

Det utføres en initialisering av GNSS/IMU før og etter gjennomføring av laserskanning. Det estimeres verdier av IMU montering under navigasjonsprosesseringen i programvaren PosPac. Ved avvik mellom teoretiske verdier og estimerte verdier undersøkes dette nærmere.

3.3 Dekningsnummer

Denne skanneblokken er gitt dekningsnummer 42018.

3.4 Klarmelding

Skanneblokk A10_5p har operert med delvis klarmelding. Første klarmelding for et sett flystriper ble mottatt 24.5.2016, og siste klarmelding for gjenværende striper ble mottatt 9.6.2016.

Events Detail		
What	Operation approval from PM	* Help
Who	Gunhild Mæhlum	*
Date	2016-05-24 00:00:00	*
		Comments
		L212: Lines 1-97, 106-117, 124, 126-136, 151-156

Events Detail			
What	Operation approval from PM	*	Help
Who	Gunhild Mæhlum	*	Comments
Date	2016-06-09 00:00:00	*	

Remaining lines

3.5 Utførelse av datainnsamling

Blom Geomatics AS har gjennomført laserskanningen i følgende operasjoner:

Stripe	Konfigurasjon	Flydato	Skyforhold	Vind	Kommentar
32-39, 96, 126, 132-135, 151- 153, 155-156	5	7.6.2016	Enkelte skyer	Lite	Striper ikke berørt
40-45, 82-95, 106-117, 127-131, 154	5	8.6.2016 sesjon 1	Skyfritt	Lett turbulens	
46-65	5	8.6.2016 sesjon 2	Enkelte høye skyer	Moderat turbulens	Striper ikke berørt
1-23, 30	5	10.6.2016 sesjon 1	Enkelte skyer	Lett turbulens	Striper ikke berørt
24-29, 31, 66-69, 97-98	5	10.6.2016 sesjon 2	Skyfritt	Lite	
70-76, 99-105	5	12.6.2016	Skyfritt	Lett turbulens	
77-81, 118-125	5	14.6.2016	Skyfritt	Lite	
136-147, 149-150	5	22.6.2016	Skyfritt	Lite	
148	5	31.7.2016	Skyfritt	Lite	

3.6 Avvik under datainnsamling

Det har ikke vært noen problemer under datainnsamling.

3.7 Vurdering av resultat for utført datainnsamling

Det er ikke oppstått noen feil eller vanskeligheter under datainnsamlingen, og dataene anses som gode.

4. PROSESSERING AV GEOREFERERT PUNKTSKY

4.1 Beregning av navigasjonsløsning

Prosessering av orienteringsdata er utført med programvaren POSpac v7.2, utviklet av Applanix.

Vi benytter Applanix Smartbase og IN-fusion teknologi sammen med CPOS for best mulig nøyaktighet i etterprosesseringa av GNSS. Denne metoden lager et GNSS nettverk rundt prosjektområdet. Innafor dette nettverket lager programvaren en virtuell basestasjon. I blokker hvor dette ikke er mulig, kan vi bruke data fra en eller flere basestasjoner. I denne prosessen kombineres observasjoner fra treghetssensor (IMU) og GNSS i et Kalmanfilter, altså en såkalt "tett koplet" prosessering. Sammen med en påfølgende baklengs filterrekursjon ("RTS-smoother") gir det en statistisk optimal parameterestimering. Som minimum inngår observasjoner fra GPS. GLONASS benyttes hvis dette gir et bedre resultat.

Som del av navigasjonsberegningen tas det bl.a. hensyn til GNSS-antennens fasesentersentrisitet og -variasjoner, og sammen med observasjoner fra instrumentets gyrostabiliserte montering (der det blir benyttet) oppnås dermed høyest mulig nøyaktighet på eksentrisiteten mellom GNSS-antenne og IMU. For å finne nominell eksentrisitet for nye monteringer, slik at den kan betraktes som kjent i de endelige INS-beregninger, gjennomføres egne INS-beregninger i Applanix der nominell eksentrisitet inngår som ukjent. Dette gjøres om mulig for flere datasett før eksentrisiteten "låses".

Før INS-resultatet blir benyttet til punktskygenerering, blir det påført en geodetisk transformasjon fra beregningsdatum (som alltid er den til enhver tid aktuelle ITRF-versjon) til Euref89. Det påføres ingen høydetransformasjoner før punktskygenerering, det benyttes ellipsoidiske høyder relativt GRS80-ellipsoiden.

4.1.1 Vurdering av resultat av navigasjonsløsninger

Alle beregningsresultat som blir benyttet i leveranser blir vurdert. I vurderingen inngår blant annet andelen detekterte og reparerte fasebrudd og restavvikene på kode- og fasemålingene. Størrelse og stabilitet til estimerte sensorfeil for treghetssensoren kontrolleres for å detektere anomalier og eventuelt integrasjonsproblem.

Alle navigasjonsløsninger er vurdert som tilfredsstillende. Andelen fasebrudd og restavvik er innenfor forventningen. Estimerte verdier for antenneeksentrisiteter viser at de sammenfaller med de teoretiske verdiene.

Viser til Vedlegg 2 for en detaljert beskrivelse og resultater av beregnet navigasjonsløsning.

4.2 Georeferering av punktsky

4.2.1 Transformasjoner

GNSS-beregning i TerraPOS er utført i WGS84. Transformasjon er utført for levering i de ulike datum prosjektet skal leveres i.

Transformasjon WGS84 – EU89 UTM32

Høydetransformasjon Ellipsoidisk – NN2000

Høydetransformasjonene fra ellipsoidiske til ortometriske høyder er utført med geoidmodell generert i WSK Trans, Href2016a utgitt av Statens kartverk.

4.2.2 Generering av punktsky

Det er generert en punktsky i leverandørens programvare. Her benyttes tilhørende leverandørkalibreringen for utskrift av punktskyer for hver flystripe og laserkanal. De stripevise punktskyene blir generert i geosentriske koordinater som videre transformeres til prosjektets kartprojeksjon ved tilrettelegging i TerraSolid.

4.2.3 Prosjektkalibrering

Det er foretatt en prosjektkalibrering for hver enkelt flysesjon. Her er korreksjoner for Heading, Roll og Pitch estimert per laserkanal i hver flysesjon. Dersom de estimerte verdiene er signifikante og pålitelige påføres prosjektkalibreringen.

Vurdering av resultater:

Det har ikke blitt estimert unormale verdier under denne prosessen. Resultater fra denne kalibrering vises i **Vedlegg 3**.

Kalibreringen er påført datasettet.

4.2.4 Stripeutjevning

Det er foretatt en stripeutjevning for å løse ut gjenværende tilfeldige avvik mellom flystripene i prosjektet. I denne stripeutjevningen inngår alle flystriper og det er løst ut for dZ og dRoll.

Vurdering av resultater:

Det har ikke blitt estimert unormale verdier under denne prosessen. Resultater fra denne kalibrering vises i **Vedlegg 4**.

Stripeutjevningen er påført datasettet.

4.3 Kontroll av Tetthet Punktsky

Det er utført en analyse av punkttetthet gjennom å måle antall førstereturer innenfor ruter på 10x10m.



Tabell som viser fordeling av punkttetthet innenfor rutene:

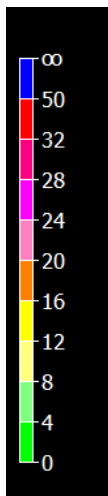
Punkttetthet (pkt/m ²)	Andel (%)
>5.0	99.1
4.2-5.0	0.5
<4.2	0.4

Vurdering av resultatene:

Beregnet resultat av punkttettheten i prosjektområdet dokumenterer at oppnådd punkttetthet er innenfor toleransekravet om en prosentandel på minimum 95%.

4.4 Kontroll av Homogenitet Punktsky

Det er utført en kontroll av homogenitet av nøyaktighet i prosjektet. Dette er utført ved å sammenligne høydeverdier mellom ulike flystriper i overlappende områder. Formålet med denne kontrollen er å verifisere at det ikke er gjenværende systematiske avvik mellom flystriper etter stripeutjevning. Det er beregnet en dZ-verdi som viser avvik mellom flystriper, disse avvikene er gitt farge etter fargepaletten vist nedenfor.



Vurdering:

Det har blitt oppsøkt alle mistenkelige områder og foretatt en vurdering av differanser mellom flystriper. Det er ikke funnet områder hvor det mistenkes systematiske avvik mellom flystriper.

4.5 Kontroll av høydenøyaktighet



Kontroll mot kontrollpunkt fra bil:

Det er gjort beregninger på høydeavvik mellom laserdataene og kontrollpunkter fremskaffet fra hjulsporene til målebil(ref 2.1.2).

Nedenfor vises statistikk for alle kontrollpunktene etter justering av datasettet.

Alle beregninger er listet i **vedlegg 6**.

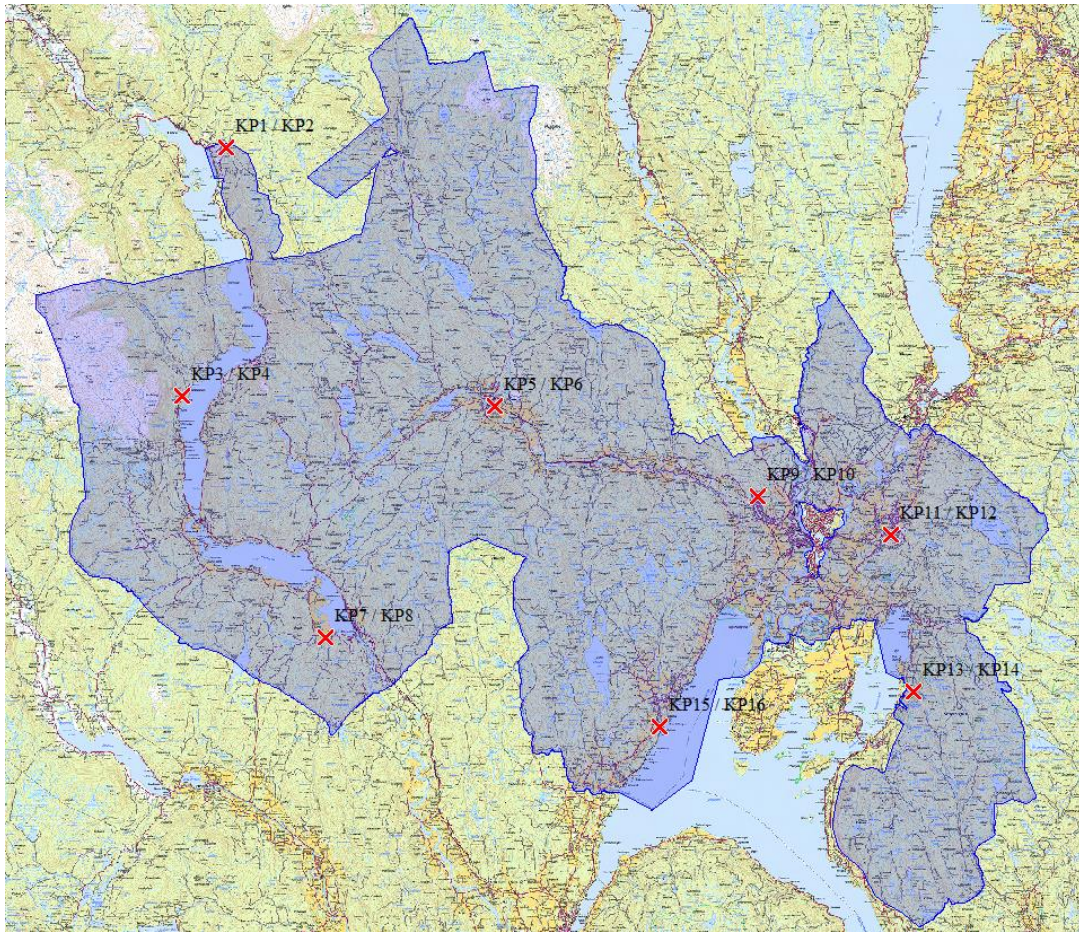
Kontrollpunkt	Gjennomsnitt dH (m)	Maksimum dH (m)	Minimum dH (m)	Standardavvik (m)
Alle	0.005	0.060	-0.040	0.024

Vurdering av resultatene:

Avvikene mellom kontrollflater og laserdata relativt små og innenfor forventningen.

4.6 Kontroll av grunnrissnøyaktighet

Det er benyttet eksisterende FKB-data som grunnlag for kontroll av laserdata mot kontrollprofiler. Det er foretatt en sammenlikning av mønelinje estimert fra laserdata. Kontrollprofilene er valgt med god spredning i hele prosjektområdet som vist på plottet under:



Resultatet av kontrollen er listet i tabellen nedenfor:

Kontrollprofil	Type profil	Retning(grader)	Målt avvik (m)	Avvik dN(m)	Avvik dE(m)	Avvik dz(m)
KP01	Mønelinje	20	0,09	0,03	0,08	0,16
KP02	Mønelinje	109	0,05	0,05	-0,02	0,18
KP03	Mønelinje	165	0,01	0,00	-0,01	-0,14
KP04	Mønelinje	67	0,09	0,08	0,03	-0,01
KP05	Mønelinje	76	0,09	0,09	0,02	0,08
KP06	Mønelinje	347	0,09	-0,02	0,09	-0,03
KP07	Mønelinje	38	0,07	0,04	0,05	0,12
KP08	Mønelinje	127	0,07	0,05	-0,04	0,02
KP09	Mønelinje	215	0,03	-0,02	-0,02	-0,24
KP10	Mønelinje	308	0,04	-0,03	0,02	-0,26
KP11	Mønelinje	11	0,00	0,00	0,00	0,02
KP12	Mønelinje	101	0,10	0,10	-0,02	-0,14
KP13	Mønelinje	292	0,03	-0,03	0,01	-0,37
KP14	Mønelinje	4	0,06	0,00	0,06	-0,21
KP15	Mønelinje	135	0,06	0,04	-0,04	-0,06
KP16	Mønelinje	45	0,03	0,02	0,02	0,12

Vurdering av resultatene:

Avvikene mellom FKB-data og laserdata er innenfor det som kan forventes.

4.7 Samlet vurdering av utført Georeferering

Resultatet fra prosjektkalibrering, stripeutjevning og kontroll av høyde- og grunnrissnøyaktighet viser ingen avvik eller unormale verdier.

5. KLASSIFISERING AV PUNKTSKY

Laserdata er bearbeidet videre for å fremstille ønskede produkter. Det er benyttet både automatiske og manuelle metoder for å klassifisere punktskyen. Det er utført en klassifisering av punktskyen. I dette prosjektet er laserdata separert i følgende klasser:

- 1) Uklassifisert
- 2) Terreng
- 7) Støy
- 10) Bru
- 13) Snø

5.1 Klassifisering «Terreng»

Terrengpunkter er klassifisert i klasse 2, denne klassen omfatter også punkter på vannoverflater (innsjø, hav og elv).

Klassifisering av terrengpunkter er den mest arbeidskrevende delen av klassifiseringen. I denne prosessen utføres først en automatisk filtrering av terrengpunkt gjennom egne definerte algoritmer. Det er forsøkt å finne en algoritme som best mulig fremskaffer terrengoverflaten. Utfordringer med algoritmen er å finne parametere som best mulig fanger opp detaljer på terrengoverflaten, men samtidig ikke inkluderer laserpunkter som er en del av vegetasjonen eller andre objekter som ikke er en del av terrengoverflaten. Faktorer som er styrende for valg av parametere er punkttetthet og topografi. Ved kupert terreng med store høydevariasjoner vil algoritmen som velges være mer aggressiv enn i områder med små høydevariasjoner. Det er derfor valgt ulike algoritmer for ulike deler av landet, men det er også nødvendig med lokale algoritmer innenfor hver skanneblokk. Etter en automatisk filtrering av terrengpunkt er det utført en manuell editering. I denne prosessen inspiseres resultatet av en operatør. Dette utføres ved en systematisk gjennomgang av området gjennom å visualisere en TIN-modell. Denne modellen tolkes visuelt og lokale endringer utføres. I områder hvor den automatiske algoritmen ikke er funnet optimal utføres en lokal filtrering med andre parametere. Videre editeres modellen ved å legge til eller fjerne enkeltpunkter for å danne en best mulig terrengoverflate.

5.2 Klassifisering «Støypunkter»



Støypunkter er klassifisert i klasse 7, denne klassen omfatter punkter på hvor lasersensoren har fått registrert signaler fra objekter som ikke er reelle.

Det er i hovedsak to kategorier av støypunkter. Laserpulsene har fått en ekstra signalrefleks (flerveisinterferens) fra ett objekt. Disse punktene vil ligge lavere enn terrengoverflaten og defineres som «low points». Størstedelen av punktene vil filtreres vekk i den automatiske filtreringen av terrengoverflaten. Gjenværende «low points» er omklassifisert i den manuelle editeringsprosessen. Den andre kategorien av støypunkter er punkter som ligger høyere enn omliggende laserpunkter. Dette kan være punkter har fått refleksjon fra fugler, skyer eller andre små partikler i luften. Størstedelen av disse punktene fjernes i ett filter gjennom avstand en algoritme som beregner avstander til nabopunkter. Videre er det foretatt en manuell inspeksjon for å omklassifisere gjenværende støypunkter.

5.3 Klassifisering «Bruelementer»

Brupunkter er klassifisert i klasse 10, dette gjelder bruer med størrelse over 10m².

Det er benyttet FKB-data som støtte for å oppsøke brukonstruksjoner. Det er utført en vurdering av om FKB-data er korrekt. Andre bruelement funnet i laserdata som ikke inngår i FKB-data er også klassifisert. Alle laserpunkter på bruelementet er klassifisert.

5.4 Klassifisering «Snø/Is»

Snø/Is er klassifisert i klasse 13, med snø/is menes snødekte områder med størrelse over 1000m². Klassifiseringen er utført ved en visuell vurdering av intensitet og utseendet av overflaten fra laserdata.

5.5 Klassifisering «Uklassifisert»

Punkter som ikke er klassifisert i noen av klassene beskrevet ovenfor (2,7,10 eller 13) er klassifisert i klasse 1 Uklassifisert. Dette er da punkter som har truffet vegetasjon, bygninger etc.

5.6 Vurdering av utført klassifisering

Det er utført en klassifisering av skanneblokken og vi mener at kvaliteten er god.

For egenkontroll av utført klassifisering i datasettet er det produsert en hillshade av terrengmodell og overflatemodell. Visualisering av modellene viser at utført klassifisering av terrengmodell er god, samt at høye og lave støypunkter i datasettet er korrekt klassifisert til klasse 7.

6. LEVERANSER

Leveransen er utført i henhold til Produksjon av basis geodata og FKB-Laser. Leveransen omfatter skanneblokk A10_5p.

Las-filer er inndelt i.h.h.t. kartbladinnndeling 1:1000 (800x600m).

Dekningsoversikt:	NDH Krødsherad-Ringerike-Hole 5pkt
2016_Projektavgrensning.sos	
Flystripe:	NDH Krødsherad-Ringerike-Hole 5pkt 2016_Flystripe.sos
Homogenitet:	NDH Krødsherad-Ringerike-Hole 5pkt 2016_Homogenitet.rar
Kontrollflater:	NDH Krødsherad-Ringerike-Hole 5pkt 2016_Kontrollflater.sos

6.1 Leveranse av foreløpig leveranse

En automatisk klassifisert punktsky ble levert på LAZ-format 7.9.2016. Laserdata var georefert internt og justert til ortometriske høyder. Det ble ikke utført klipping til prosjektavgrensning. Inndeling og navning i henhold til FKB-laser. Leveransen ble levert direkte til oppdragsgiver på ftp-server.

6.2 Kommentarer på feil og mangler i foreløpig leveranse

- Metadata (flystripe.sos og dekningsoversikt.sos) er korrigert etter feil på dekningsnummer i autoklassifisert leveranse.
- Intensitetsverdiene er ikke overeksponert i det vestlige området som antydnet av Kartverket. Området er snau fjell med høyere intensitet enn nærliggende skogsområder. Dataene holder 16-bit, og det kan se ut til at Kartverkets presentasjon av intensitet ikke er strukket til å håndtere 16-bit.
- Effekt synlig i homogenitetsplott 32-1-505-142-70 er resultat av vannflater av ulike vannstand mellom to flystriper.
- I graderte områder er det utført en ny tynning der det er lagt vekt på å beholde så mye som mulig av første ekko samt terreng, og heller fjerne punkter ekstra ekko ved to eller flere returer.
- Støypunkter må påregnes i autoklassifisert leveranse, men disse punktene er manuelt gått igjennom og klassifisert til klasse 7 i endelig leveranse.

6.3 Endelig leveranse

Endelig leveranse av punktsky og metadata ble levert ved opplastning i forvaltningsløsning for høydedata 01.11.2016.

6.3.1 Klassifiserte Laserdata

Ferdig klassifisert og kvalitetssikret punktsky er levert på LAZ format. Filene er kodet med HREF og VREF og følger inndeling og navning i henhold til FKB-Laser.

6.3.2 Prosjektrapport

Skanneblokk A10 består av kun 5 punkt skanning, og denne prosjektrapporten beskriver laserskanning av denne 5 punkt skanningen.

6.3.3 Prosjektavgrensning

Det er levert en prosjektavgrensning som omslutter den leverte punktsky, dvs. omfatter 100 m buffersone rundt skanneblokken der skanneblokken avgrenses av landareal.

Fil: NDH Krødsherad-Ringerike-Hole 5pkt 2016_Projektavgrensning.SOS

6.3.4 Flystriper

Fil: NDH Krødsherad-Ringerike-Hole 5pkt 2016_Flystripe.SOS

6.3.5 Kontrollflater

Koordinater for kontrollflater er levert på SOSI-format. Innmåling og beregning er dokumentert i egen rapport.

Fil: NDH Krødsherad-Ringerike-Hole 5pkt 2016.SOS

VEDLEGG

- Vedlegg 1: Leverandørkalibrering
- Vedlegg 2: GNSS-INS
- Vedlegg 3: Prosjektkalibrering
- Vedlegg 4: Stripeutjevning
- Vedlegg 5: Kontrolldatarapport
- Vedlegg 6: Kontroll av høydenøyaktighet