

TOPOMETRICS

by Nordic Unmanned

02 Rapport laserskanning

Hommersåk 2020

FoU-prosjekt, laserskanning med drone
for Geovekstforum

Prosjektnummer: 10393
Revisjon 2: 18.05.2020
Original dato: 30.04.2020

Innhold

Innledning	2
1.1 Prosjektbeskrivelse	2
1.1.1 Kravspesifikasjon:.....	2
1.1.2 Metodikk:	2
1.1.3 Koordinatsystem:.....	2
1.2 HMS og kvalitetssystem.....	3
1.3 Godkjenninger	3
Datafangst	4
2.1 Laserskanning fra drone	4
2.1.1 Beskrivelse av drone og sensor	4
2.1.2 Kalibrering av lasersensor	4
2.2 Landmåling – Basestasjon og etablering av kontrollpunkt	4
2.2.1 Kontrollpunkter:	4
2.2.2 Basestasjon:	4
Prosessering av data	5
3.1 Prosessering av laserdata	5
3.1.1 GNSS/INS beregning av flystriper (navigasjonsdata).....	5
3.1.2 Eksport av punktsky	5
3.1.3 Matching/Stripeutjevning	5
3.2 Kvalitetskontroller	5
3.2.1 Kontroll høydenøyaktighet.....	5
3.2.2 Kontroll grunnrissnøyaktighet.....	6
3.2.3 Kontroll tetthet.....	6
3.2.4 Kontroll homogenitet.....	7
3.3 Klassifisering av laserdata	8
3.4 Bearbeiding av laserdata	9
3.5 Bearbeiding av annen data	9
Leveranse	9
4.1 Dataleveransens innhold.....	9
4.2 Overlevering av data:	9
Vedlegg	9
Revisjonslogg	9

Innledning

Oppdraget

Oppdrag:	Kartlegging med laserskanning fra drone ved Hommersåk, Rogaland
Prosjektnummer:	10393
Tildeling/oppstart:	15. oktober 2019
Leveranse del 1:	28. februar 2020
Leveranse del 2:	1. mai 2020

Oppdragsgiver

Selskap:	Statens Kartverk
Deres kontaktperson:	Ivar Oveland

Oppdragstaker

Selskap:	Topometrics, et konsept under Nordic Unmanned AS
Prosjektleder:	Ole Benjamin Wike
Faglig ansvarlig, geomatikk:	José Luis Gil Yepes, PhD

1.1 Prosjektbeskrivelse

Kartlegging med laserdrone i et område ved Hommersåk, Rogaland. Prosjektavgrensning ble oversendt fra oppdragsgiver og benyttet til flyplanlegging. Kartleggingen og denne rapporten er en del av FoU-prosjekt for Geovekstforum. Resterende rapporter for effektivitetsanalyse, BLOS flyvning og regelverk for droner er i separat rapport.

1.1.1 Kravspesifikasjon

Som beskrevet i bilaget til bistandsavtalen:

- Flyhøyde: 75 m over terreng
- Punkttetthet: minimum 5 pkt pr m²
- FOV: 50 grader
- Stripeoverlapp: 20 %
- Nøyaktighetsklasse: DTM10
- Andre kommentarer: Datainnsamlingen skal utføres uten snø i prosjektområdet. Standardkravene til FKB laser v 3.0 2019-01-01 følges.

1.1.2 Metodikk:

Oppdraget ble utført med dronebasert laserskanning. Det ble også samlet inn kontrollflater.

1.1.3 Koordinatsystem:

Datum:	Kartprojeksjon og sone:	Vertikalt høydesystem:	Geoidmodell:
Euref 89	UTM Sone 32	Ortometrisk, NN2000	Href2018A

1.2 HMS og kvalitetssystem

Nordic Unmanned er ISO 9001 sertifisert og har et eget kvalitetssystem som ivaretar sikkerheten på oppdrag ved å ha detaljerte sjekklister, vedlikeholdsprogram, operasjonsprosedyrer og risikoanalyser som er i tråd med regelverket til Luftfartstilsynet for å kunne utføre oppdrag i kategorien RO3.

Laseroppdrag blir utført i henhold til vår produksjonsstandard for laserskanning, se Figur 1.

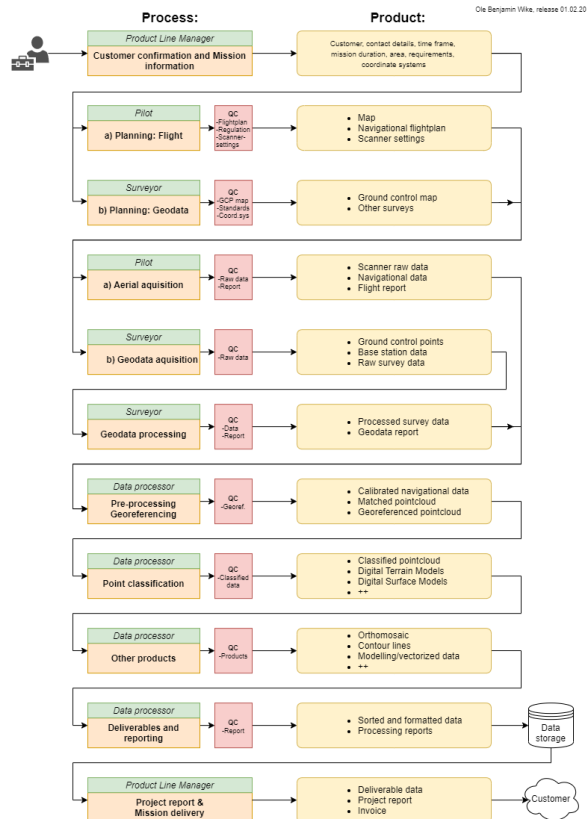
For droneflyvning blir det på forhånd gjennomført en generell risikoanalyse, mens ute i felt blir det utført en lokal risikoanalyse. Sistnevnte sikrer at det tas hensyn til lokale forhold den aktuelle dagen for operasjonen. Figur 2 viser utsnitt fra risikomatriksen hentet fra vårt kvalitetssystem.

1.3 Godkjenninger

Oppdragstaker innehar RO3 lisens fra luftfartstilsynet med godkjent operasjonsmanual og piloter for denne typen oppdrag (Registrert under Nordic Unmanned AS).

Alle flyvninger registreres hos NSM (Nasjonal Sikkerhetsmyndighet), dette er nødvendig for å samle inn data med LiDAR sensor fra luften.

Production chart - Topometrics LiDAR Aquisition



Figur 1 Produksjonsløype for laserskanning

Risk Matrix

Severity	Likelihood					Outcome
	Very Likely (A)	Likely (B)	Probable (C)	Unlikely (D)	Very Unlikely (E)	
Negligible (V)	50	20	5	2	1	Accept
Slight (IV)	100	40	10	4	1	Monitor
Moderate (III)	300	100	40	10	1	Secure
High (II)	1000	300	100	40	1	Improve
Very High (I)	2500	1000	300	100	1	Stop

Figur 2 Viser risikomatriksen som benyttes

Datfangst

2.1 Laserskanning fra drone

Se [vedlegg 1](#) for flyplan og rapport fra utførelse.

2.1.1 Beskrivelse av drone og sensor

Se tabell under for informasjon om hvilket system som er benyttet på dette oppdraget:

Droneplattform:	
Produsent:	Nordic Unmanned AS
Modell:	Staaker FX8HL
Serienummer:	18-FX8-003
Kallesignal:	LN-0310-AL
Type:	X8 Multirotor
Batterikapasitet:	44,4 V – 32/44 Ah
MTOW:	25 kg
Flytid uten last:	60/65 minutter

Sensor:	
Produsent:	Phoenix LiDAR Systems
Modell:	MiniRanger
Serienummer:	SN22669
Kalibrert:	24.02.2018
Laserskanner:	Riegl MiniVUX-1UAV
IMU:	KVH FOG 1725
GNSS:	Novatel GPS 702GG_1.03
Kamera:	Sony A7rII 42MP, nadir

2.1.2 Kalibrering av lasersensor

Daglig kalibrering av lasersystemet er ikke nødvendig siden alle komponentene i systemet (laserskanner, IMU, GNSS og kamera) er permanent fastmontert med faste offset, og kalibrert mot hverandre av produsent. Kalibreringssertifikatet fra produsent er lagt ved som [vedlegg 5](#). Det samles alltid inn en tverrstripe ved datafangst for å kunne kvalitetssjekk kalibreringen av laserskanneren under prosessering, og for å eventuelt kunne justere gjenværende avvik. Se mer detaljer om kalibrering og stripeutjevning i [vedlegg 4](#), laserrapport.

2.2 Landmåling – Basestasjon og etablering av kontrollpunkt

Se [vedlegg 2](#) for landmålingsrapport.

Landmåling er utført i henhold til egne rutiner som er basert på Kartverkets standarder og anbefalinger i «Produksjon av basis geodata» og «Satellittbasert posisjonsbestemmelse».

2.2.1 Kontrollpunkter

I dette prosjektet er det målt inn 3 kontrollflater med til sammen 39 punkter for kontroll. Punktene ble etablert med asfaltspiker og posisjonene er målt inn 2 ganger med tidsforskyvning for å redusere korrelasjon mellom målingene ved bruk av RTK-GNSS.

2.2.2 Basestasjon

På dette oppdraget ble det benyttet offentlige basestasjoner.

Prosessering av data

3.1 Prosessering av laserdata

Etter datafangst gjennomgår rådataene en rekke operasjoner for å korrigere punktskyen og georeferere datasettet før den er klar til å benyttes til grunnlag for produksjon av leveranser.

- GNSS/INS beregning av flystriper, se [vedlegg 3](#) for GNSS/INS rapport
- Utskrift av punktsky og geotagging av evt. bilder
- Høydetransformasjon av flystriper og punktsky
- Stripeutjevning, se [vedlegg 4](#) for laserrapport
 - Automatisk stripevis bakkeklassifisering
 - Matching og sammenføring av data
- Automatisk bakkeklassifisering av hele overflaten
 - Manuell sjekk og korrigerings av eventuelle feilklassifiseringer
- Kvalitetskontroller og eventuelle justeringer

3.1.1 GNSS/INS beregning av flystriper (navigasjonsdata)

Navigasjonsdata for laserskanneren som samles inn under oppdraget blir sammen med data fra basestasjon prosessert og etterbehandlet til en «Smoothed Best Estimate of Trajectory» (SBET). Dette er de kombinerte dataene fra GNSS-satellittdataene og IMU dataene (Inertial Motion Unit).

Vurdering av navigasjonsløsning:

Det er ingen, eller ubetydelige, datagap i IMU eller GNSS data. Den estimerte nøyaktigheten sammen med kvalitetskontroller i programvaren for hver enkelt løsning kan sees i [vedlegg 3](#).

3.1.2 Eksport av punktsky

Det er generert en punktsky i leverandørens programvare, Phoenix Spatial Explorer. Her benyttes kalibrerte flystriper for å skrive ut laserdata. Tilhørende leverandørkalibrering blir benyttet og punktskyene blir generert i prosjektets kartprojeksjon. Det foretas ingen høydetransformasjon i dette steget og punktsky eksporteres i ellipsoidiske høyder.

3.1.3 Matching/Stripeutjevning

Det er foretatt en stripeutjevning som en del av prosesseringen av punktsky. Se [vedlegg 4](#), laserrapport, for mer detaljer.

Vurdering av stripeutjevning:

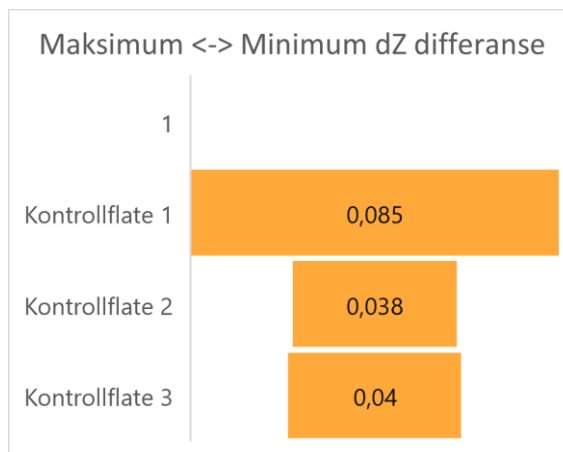
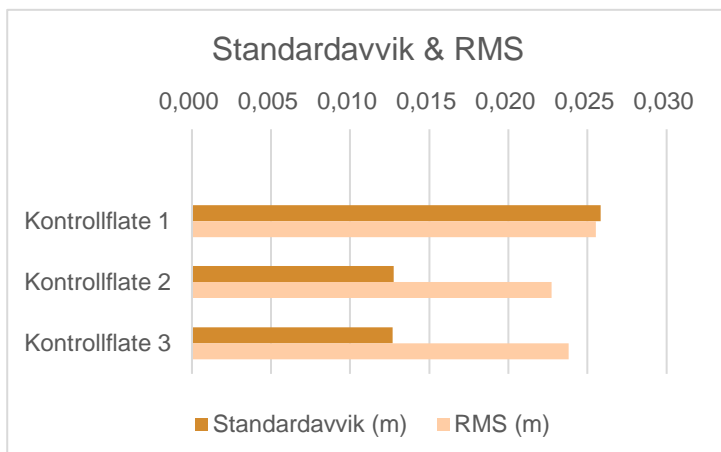
Det er ikke funnet unormale verdier og den interne nøyaktigheten er å anse som god. Gjenværende dZ avvik er 2,2 cm. For detaljerte resultater, se [vedlegg 4](#), laserrapport.

3.2 Kvalitetskontroller

3.2.1 Kontroll høydenøyaktighet

Ved hjelp av innsamlede kontrollflater er det foretatt en beregning på høydeavvik mellom disse og punktskyen. Se resultatene i tabell under for hver kontrollflate. For detaljerte resultater for hvert enkelt punkt, se i [vedlegg 4](#), laserrapport.

Kontrollflate:	Gjennomsnitt dZ (m):	Minimum dZ (m):	Maksimum dZ (m):	Standardavvik (m):	RMS (m):
KF01	0,006	-0,031	0,054	0,026	0,026
KF02	0,019	-0,002	0,036	0,013	0,023
KF03	0,020	0,002	0,042	0,013	0,024
Alle	0,015	-0,031	0,054	0,019	0,024

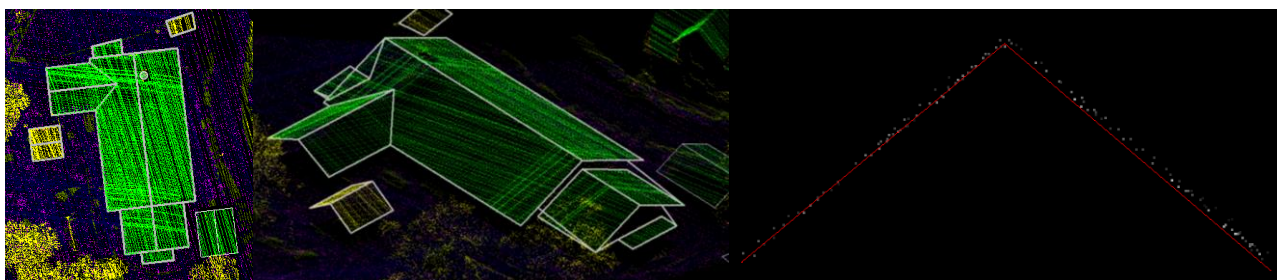


Vurdering av høydenøyaktighet:

Det totale avviket er å anse som bra og innenfor FKB-Laser10 kravet for standardavvik på 4 cm. Punktskyen ble dermed ikke justert.

3.2.2 Kontroll grunnrissnøyaktighet

Det er foretatt en visuell kontroll av grunnrissnøyaktighet i punktskyen i forhold til mønelinjer i eksisterende FKB data ved ulike lokasjoner og med vinkelrette retninger.



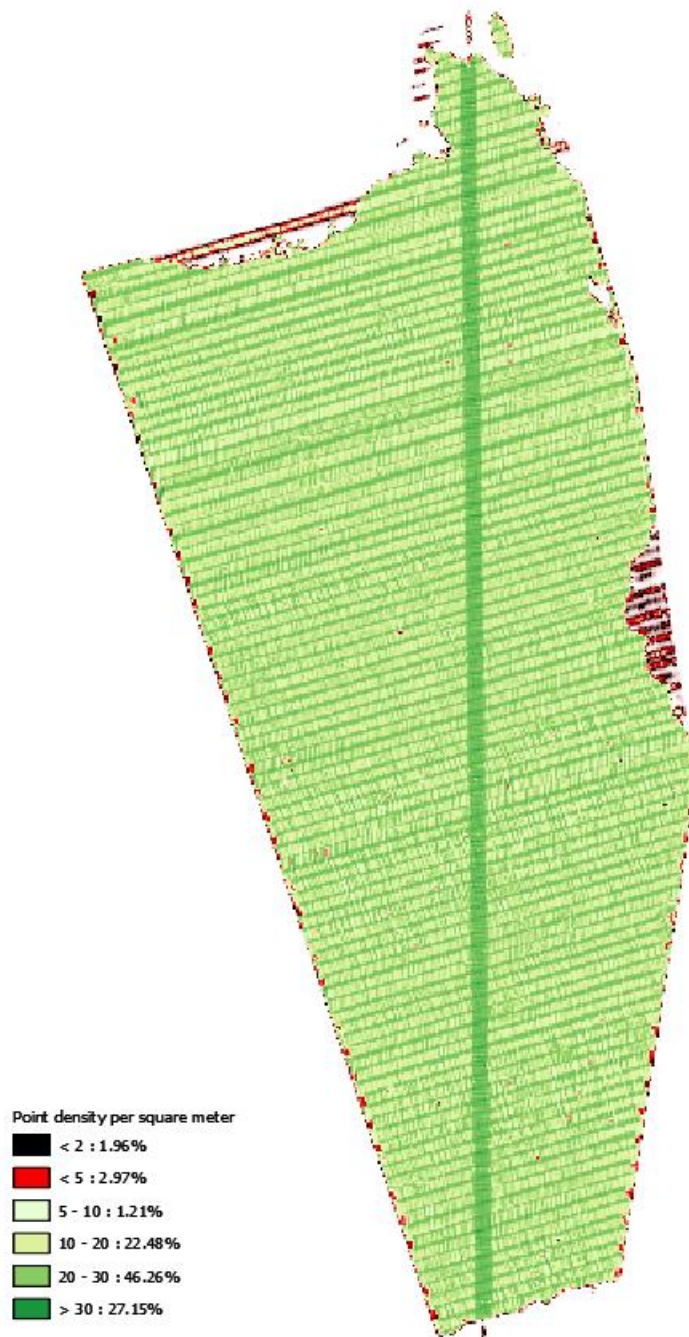
Vurdering av grunnrissnøyaktighet:

Avvikene funnet er innenfor det som kan forventes.

3.2.3 Kontroll tetthet

Det er utført en tetthetsanalyse. Analysen er utført ved å måle førstereturer innenfor ruter på 10m x 10m. Se Figur 3.

Tetthet:	Antall ruter:	Prosent:
Mindre eller 2 pkt/m ²	1726	1.96%
Mellom 2 og 5 pkt/m ²	885	1.01%
Mellom 5 og 10 pkt/m ²	1064	1.21%
Mer enn 10 pkt/m ²	84363	95.83%



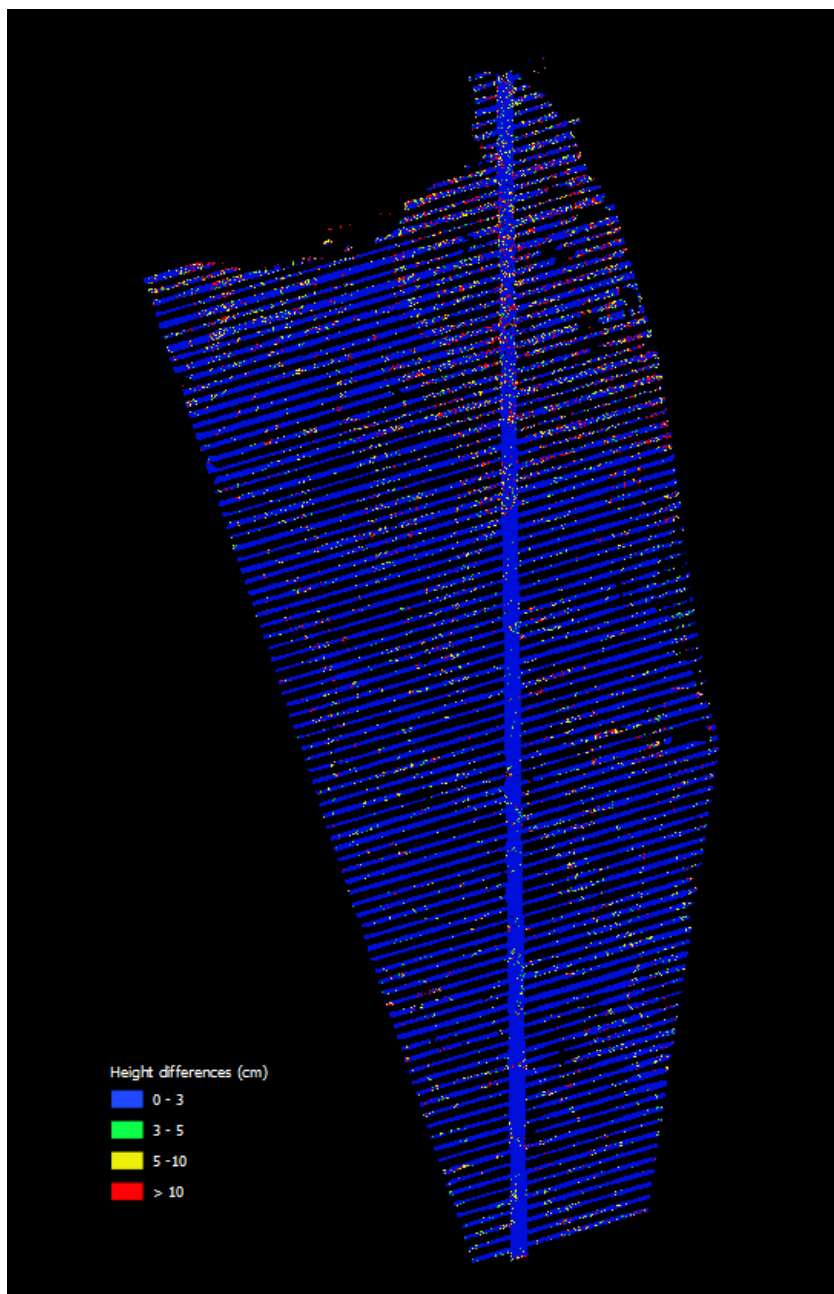
Figur 3 Tetthetsanalyse

Vurdering av tetthet:

Hele området oppfyller punkttetthetskrav på minimum 5 punkter/m² eller bedre innenfor toleransekravet på 95 %.

3.2.4 Kontroll homogenitet

Det er utført en homogenitetsanalyse. Plott viser overlappsområder og relativ kvalitet i form av høydeavvik mellom stripene. Stripene er autoklassifisert til bakke. Formålet er å verifisere at det ikke er gjenværende systematisk avvik etter stripeutjevning.



Figur 4 Homogenitetsplott

Vurdering av homogenitet:

Det er ikke funnet systematiske avvik.

3.3 Klassifisering av laserdata

Det er utført en klassifisering av punktskyen hvor det er benyttet både automatiske og manuelle metoder for å klassifisere punktskyen. Se laserrapport for flere detaljer om klassifisering.

I dette prosjektet er laserdata separert i følgende klasser:

1) Uklassifisert	6) Bygning	9) Vann
2) Terreng	7) Støy	

Vurdering av klassifisering:

Klassifiseringen er utført uten problemer med et tilfredsstillende resultat. Dette er verifisert under kvalitetskontroll og løpende kontroll under klassifiseringsprosedyren.

3.4 Bearbeiding av laserdata

Ingen videre bearbeiding for flere produkter var nødvendig.

3.5 Bearbeiding av annen data

Ingen annen data ble samlet inn.

Leveranse

Leveransen er utført i henhold til «Produksjon av basis geodata» og «FKB-Laser» og følger denne inndeling og navngiving. Det er avtalt unntak fra SOSI.

Alle filer er innenfor kartblad 33-1-104-109, ingen oppdeling nødvendig.

4.1 Dataleveransens innhold

Produkt:	Levert:	Kommentar:
Laserdata:		
Punktsky, foreløpig levering:	12.03.20	LAZ-data. Levert i 1000m x 1000m blokker, samt som én samlet fil for hele prosjektet. Denne er ikke med i endelig leveranse.
Punktsky, endelig levering:	30.04.20	LAZ-data. Levert som én samlet fil for hele prosjektet. Endret klasser til riktig klasse.
Metadata:		
Prosjektavgrensning:	30.04.20	Tidligere oversendt fra oppdragsgiver, levert som sosi.
Flystriper og prosjektfiler, foreløpig levering:	12.03.20	Flystriper i Terrasolid format, med prosjektfiler. Dette er ikke med i endelig leveranse.
Flystriper, endelig levering:	30.04.20	Levert som dxf, og supplert med SOSI header og en ASCII fil med linjeinformasjon (etter avtale), komprimert som zip.
Rapport laserskanning:	30.04.20	Rapport laserskanning (denne rapporten), pdf format.
Diverse:		
Homogenitet:	30.04.20	GeoTiff (1 m oppløsning), komprimert til zip.
Kontrollflater:	30.04.20	ASCII punkter, og shape (etter avtale), komprimert som zip.
Vedlegg 1-5:	30.04.20	Flyplan (1), Landmålingsrapport (2), GNSS/INS (3), Laserrapport (4), kalibreringssertifikat (5) i pdf format, komprimert som zip.

Resterende rapporter for testprosjektet leveres i separate filer.

4.2 Overlevering av data:

Nedlastingslink er sendt i egen e-post til kontaktperson som er tilgjengelig i 6 mnd fra leveringstidspunktet. Nordic Unmanned beholder en digital kopi av all data på vår server. Vi stiller ingen garanti på hvor lenge denne kopien blir oppbevart utover 6 mnd.

Vedlegg

Vedlegg fra Nordic Unmanned AS:

- Vedlegg 1: Flyplan
- Vedlegg 2: Landmålingsrapport
- Vedlegg 3: GNSS/INS rapport
- Vedlegg 4: Laserrapport
- Vedlegg 5: Kalibreringssertifikat laserskanner

Revisjonslogg

Rev:	Dato:	Endret/godkjent av:	Endringer:
1	30.04.20	Ole Benjamin Wike	Godkjent dokumentet og sendt kunde
2	18.05.20	Ole Benjamin Wike	Små korrigeringer i tekst