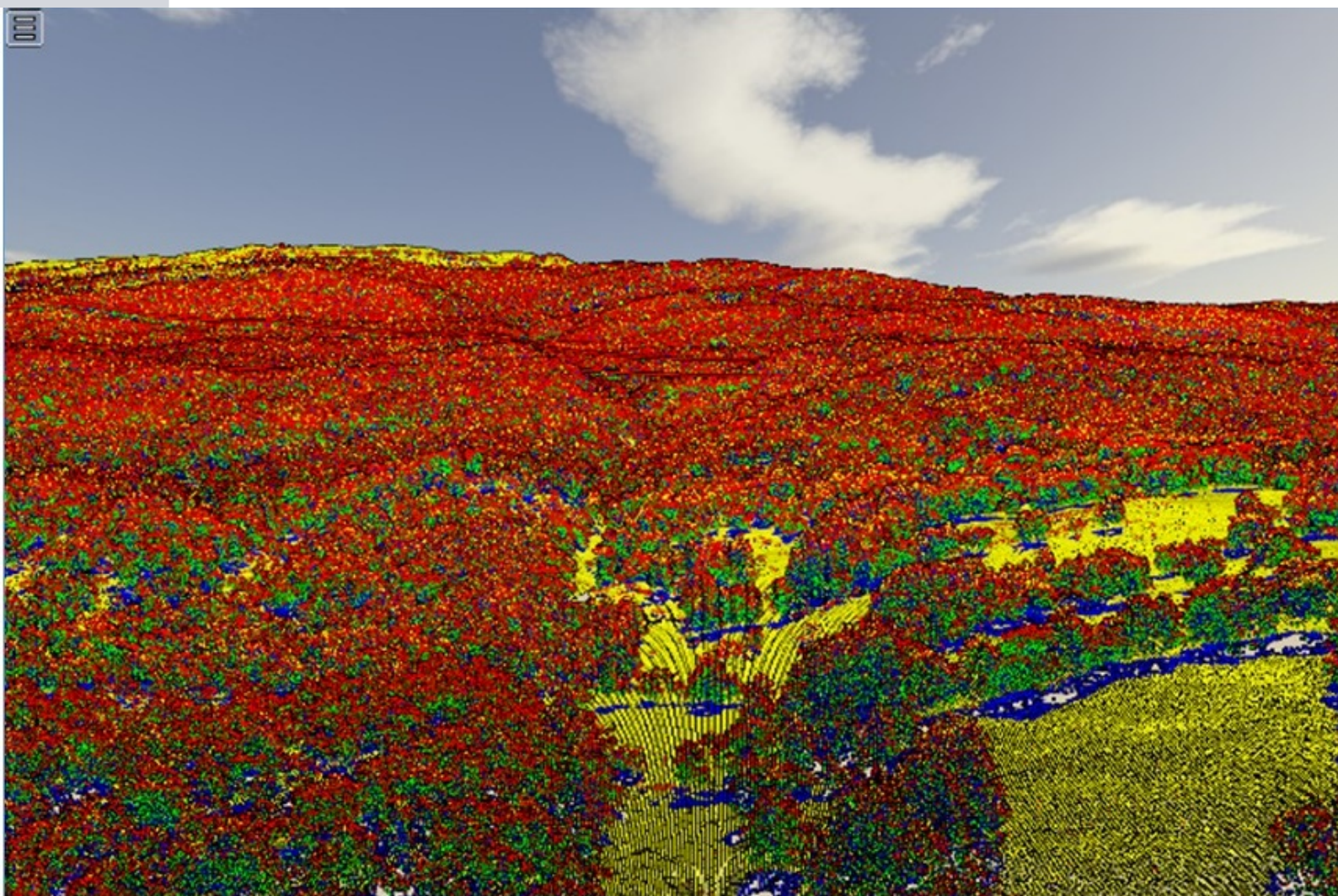


Lidar som hjelpemiddel for å identifisere naturtyper

Lars Erikstad
Vegar Bakkestuen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Kortrapport

Dette er en enklere og ofte kortere rapportform til oppdragsgiver, gjerne for prosjekt med mindre arbeidsomfang enn det som ligger til grunn for NINA Rapport. Det er ikke krav om sammendrag på engelsk. Rapportserien kan også benyttes til framdriftsrapporter eller foreløpige meldinger til oppdragsgiver.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Lidar som hjelpemiddel for å identifisere naturtyper

Lars Erikstad
Vegar Bakkestuen

Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2017. Lidar som hjelpemiddel for å identifisere naturtyper. - NINA Rapport 1346. 44 s.

Oslo, april 2017

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3053-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Lars Erikstad

KVALITETSSIKRET AV

Børre Dervo

ANSVARLIG SIGNATUR

Erik Framstad (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

M-746|2017

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Trond Simensen

FORSIDEBILDE

Tredimensjonal fremstilling av punktsverm fra Fauskevåg i Harstad kommune, fremstilt ved bruk av innsynsverktøyet hoydedata.no fra Statens Kartverk

NØKKEWORD

Forprosjekt, Lidar, Innsynsverktøy, Naturtyper, Miljøvariabler

KEY WORDS

Pilot study, Lidar, Inspection tool, Nature types (habitats), environmental variables

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2017. Lidar som hjelpemiddel for å identifisere naturtyper. - NINA Rapport 1346. 44 s.

Rapporten beskriver resultater fra et kort forprosjekt hvor hensikten har vært å se på i hvilken grad naturforvaltningen vil ha praktisk nytte av Lidardata særlig når det gjelder kartlegging av naturtyper etter NiN-systemet, inkludert bruk av beskrivelsessystemet i NiN. Målgruppen for rapporten og bruksområdet er forvaltere og kartleggere, ikke spesialister innen behandling av lidar-data. Dekningen av Lidardata er under rask økning i Norge, og det er en målsetting om full dekning av hele landet i løpet av 2020. Dette gjør at effektiv bruk av Lidardata er av stor betydning for fremtidig kartleggingsinnsats. Gjennom aktiv bruk av Lidardata både ved avansert data-analyse av store datamengder så vel som ved praktisk bruk av eksisterende innsynsverktøy, vil man kunne effektivisere kartleggingen og øke kvaliteten på denne. Sammen med øvrige data-kilder som ortofoto, satellittdata og eksisterende kart vil Lidardata inngå i en effektiv datastruktur for best mulig naturtypekartlegging i Norge.

Rapporten legger stor vekt på det nye innsynsverktøyet til Kartverket (hoydedata.no) som et verktøy som gjør Lidardata tilgjengelig for ikke-spesialister. Allerede nå utgjør dette en betydelig ressurs for bedre naturtypekartlegging der det finnes Lidardekning.

Vi har sett på utvalgte områder for å se i hvor stor grad ulike oppløsninger av dataene er avgjørende for tolkning som er nyttig for naturtypekartlegging. Mer detaljerte data gir grunnlag for tolking av finskalige strukturer både i terrengoverflaten og knyttet til vegetasjon, men noe grovere skala gir også høykvalitetsdata for naturtypekartlegging. Oppløsning for landsdekning er et avveiningsspørsmål mellom behov for finskalig tolking og pris.

Økt bruk av laser i naturkartlegging vil kunne gi muligheter for betydelig raskere fremdrift og bedre geografisk presisjon i kartlegging av så vel naturtyper som naturegenskaper. Sammen med en generell økt bruk av fjernmålingsdata vil dette kunne gi et mer målrettet og effektivt feltarbeid i tradisjonelle kartleggingsoppdrag og vil gi grunnlag for å lage regionale datasett knyttet til viktige naturtyper og naturegenskaper (-variabler) basert på prediksjon og modellering i tillegg til direkte observasjon. Dette forutsetter at geografiske analyser basert på Lidar og andre fjernmålingsdata integreres planmessig i arbeidet med naturkartlegging

Lars Erikstad, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, lars.erikstad@nina.no
Vegar Bakkestuen, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, vegar.bakkestuen@nina.no

Abstract

Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2017. Lidar as a tool to identify nature types (habitats). - NINA Report 1346. 44 s.

The report describes the results from a short pilot study that aims to assess the practical usefulness of Lidar data for nature management especially when it comes to mapping of nature types (habitats) and environmental variables. The target group has been managers and practical mapping personnel, not Lidar specialists. Lidar coverage increases fast in Norway and a full nationwide coverage is within reach in a few years. This makes the use of Lidar data most important for the mapping of Norwegian nature. The report focuses on the new inspection tool for Lidar data in Norway (hoydedata.no). We have looked at different areas to see how much different resolutions of data affect the usage of the data for nature mapping. Data that are more detailed give more information on nature structures with regard to both terrain and vegetation, but somewhat coarser resolution also yields high quality data for practical mapping. The decision of selecting a scale for national coverage is a balance between the need for maximum detail and the cost, and thus the time it will take to get national coverage. For mapping of nature types, we think the most important thing is to get national coverage as fast as possible and focus on more detailed data acquisition in selected areas with special needs.

Increased use of Lidar and other remote sensing techniques will make nature mapping more efficient as well as enhancing its quality if the use of these techniques is well integrated and balanced within the mapping program.

Lars Erikstad, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, lars.erikstad@nina.no
Vegar Bakkestuen, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, vegar.bakkestuen@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 To viktige signaler	9
2.1 Bakkesignalet	10
2.2 Toppsignalet.....	11
2.3 Grønn laser.....	12
3 Skala	14
4 Tilgang på data og innsynsløsning uten behov for spesiell programvare	16
5 Forskjellen mellom 2 punkt og 5 punkt laseropptak	18
6 Evnen til å identifisere naturtyper og miljøvariabler	19
6.1 Natursystem og egenskaper knyttet til natursystem	19
6.2 NiN beskrivelsessystemet	22
6.3 Truede naturtyper	23
6.4 Natursystemkompleks	25
6.5 Kombinasjon av datakilder	25
6.6 Praktisk bruk	26
7 Strategi for nasjonal dekning	27
8 Referanser	29
Vedlegg	31

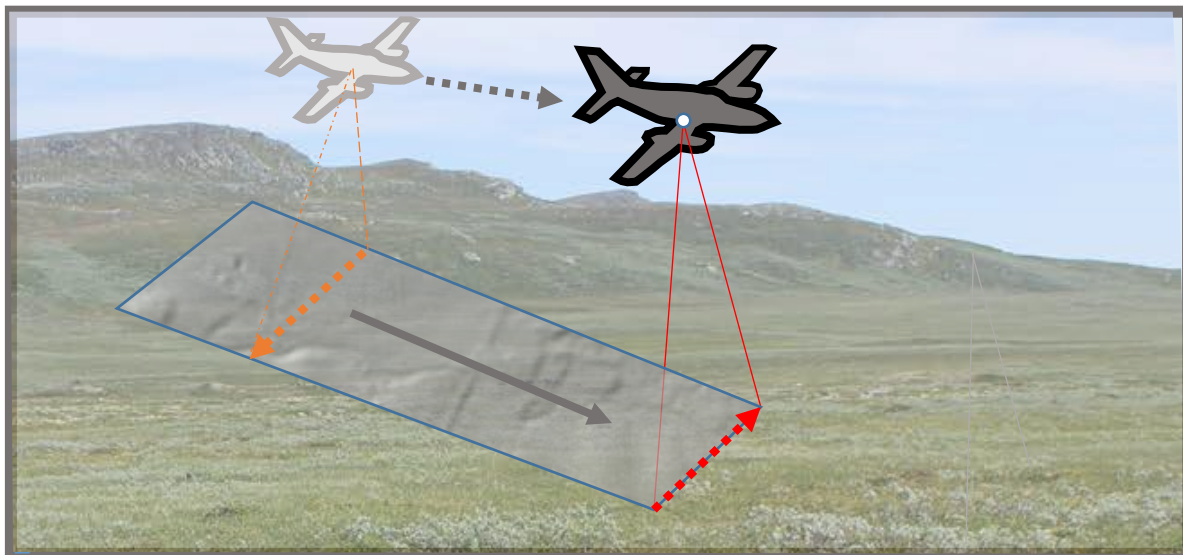
Forord

Rapporten er et resultat fra et mindre forprosjekt høsten 2016 der formålet var å se på nytten av Lidardata ved kartlegging av naturtyper i Norge. Fokus ble lagt på praktisk håndtering av Lidardata og forholdet mellom slike data og miljøvariabler og naturtyper som danner grunnlaget for naturklassifiseringssystemet NiN og truede naturtyper. Det korte tidsrommet for forprosjektet har ikke gitt grunnlag for en grundig analyse og uttesting, men er basert på et raskt og overordnet litteratursøk, samt uttesting av innsynsverktøyet hoydedata.no. Håpet er at forvaltningen ser hvilket potensial det ligger i bruken av Lidardata og at det allerede er grunnlag for å ta disse i bruk til praktisk naturtypekartlegging.

5 april 2017
Lars Erikstad

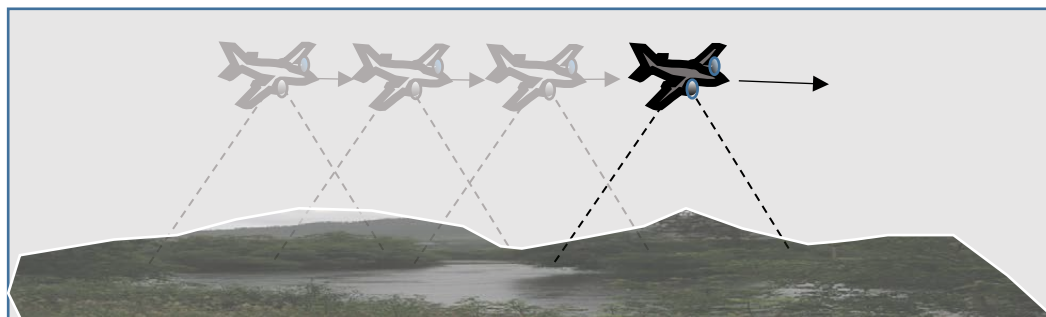
1 Innledning

LIDAR (Light Detection And Ranging) er en aktiv måleteknikk som benyttes for å måle avstanden fra et instrument til et objekt. Instrumentet kan monteres i fly og sveipe terrenget under flyet og på denne måten måle avstanden fra flyet til terrengoverflaten og objekter som befinner seg på terrengoverflaten som for eksempel bygninger og trær (**figur 1**). Ved hjelp av laser sendes en puls mot bakken. Ekkoet tas imot i flyet og signalene kan analyseres med tanke på den tid det tar før signalene returneres og egenskapene på signalene som mottas. Teknikken kan sammenlignes med ekkolodd i båt og i moderne sammenheng et multistråleekkolodd som også dekker større arealer.

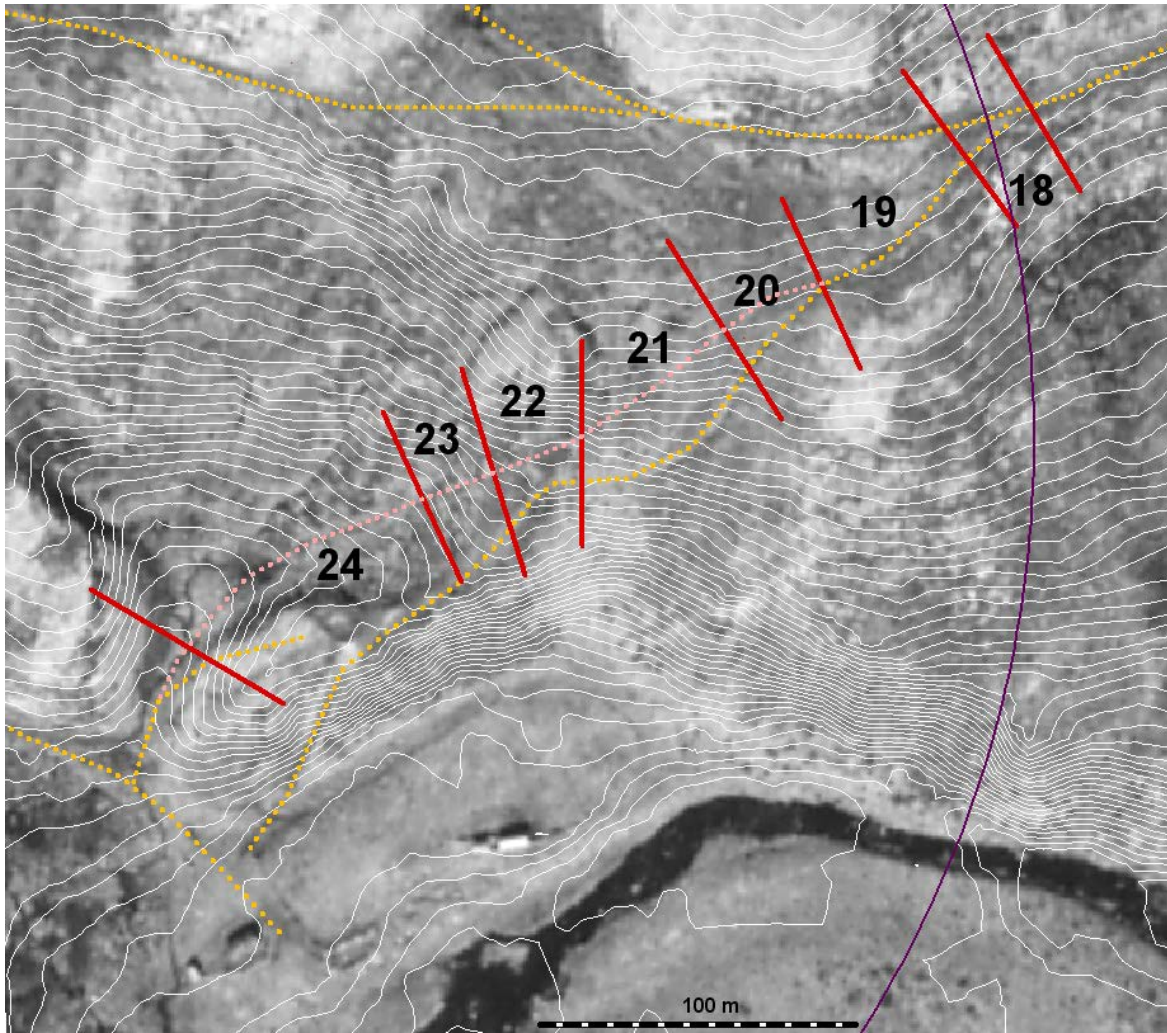


Figur 1. Prinsippet for datasamling ved hjelp av Lidar. Metoden kan sammenlignes med ekkolodd ved at et aktivt signal (laser) sendes ut fra en plattform og refleksjonen fra signalet (ekkoet) registreres når det kommer tilbake til instrumentet.

Særlig når det gjelder å bygge høydemodeller har man tradisjonelt benyttet flyfoto og har utnyttet parallaksen mellom overlappende bilder til å måle høyden til bakken (**figur 2**). Dette er teknikker som går under betegnelsen fotogrammetri og som ligger til grunn for høydemodellen som er innebygget i alle norske topografiske kart. Teknikkene kan også tas i bruk i mer detaljert sammenheng (**figur 3**) og er først og fremst avhengig av at man har flyfoto og kjenner tilstrekkelig til de tekniske detaljene i fotomaterialet samtidig som man har en del fastpunkter på bakken slik at modellen kan kalibreres korrekt.



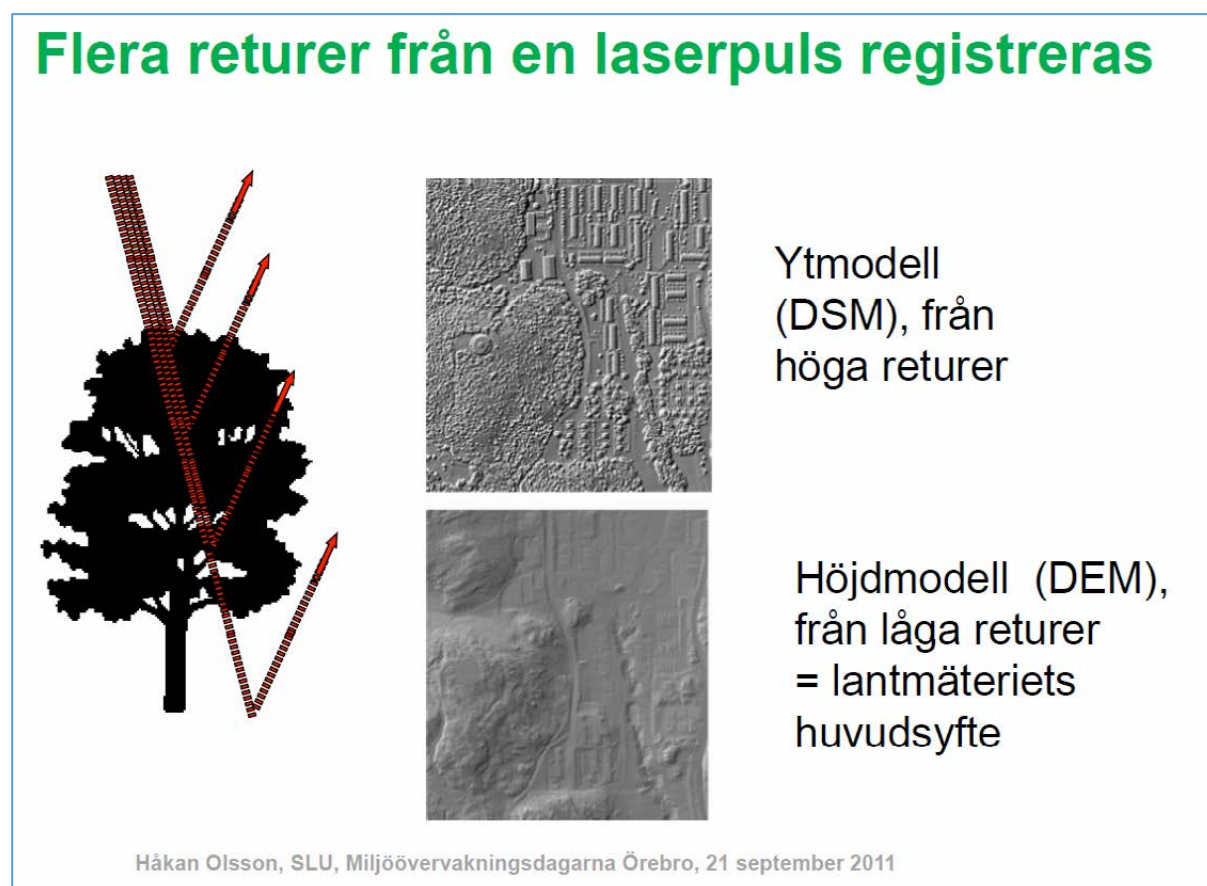
Figur 2. Tradisjonell flyfotografering. Hvert foto har et arealoverlapp og forskjellen i posisjon mellom hvert bilde skaper en perspektivforskjell, som kan benyttes til å se landoverflaten i 3D og dermed også måle høydeforskjeller.



Figur 3. Eksempel på etablering av en høydemodell basert på eldre flyfoto. Her er høydene gitt som koter med 1 m ekvidistanse. Hvis man har som formål å bestemme terrengformen, vil skog være en faktor som gjør beregningene vanskelige. (Hagen & Erikstad 2007).

2 To viktige signaler

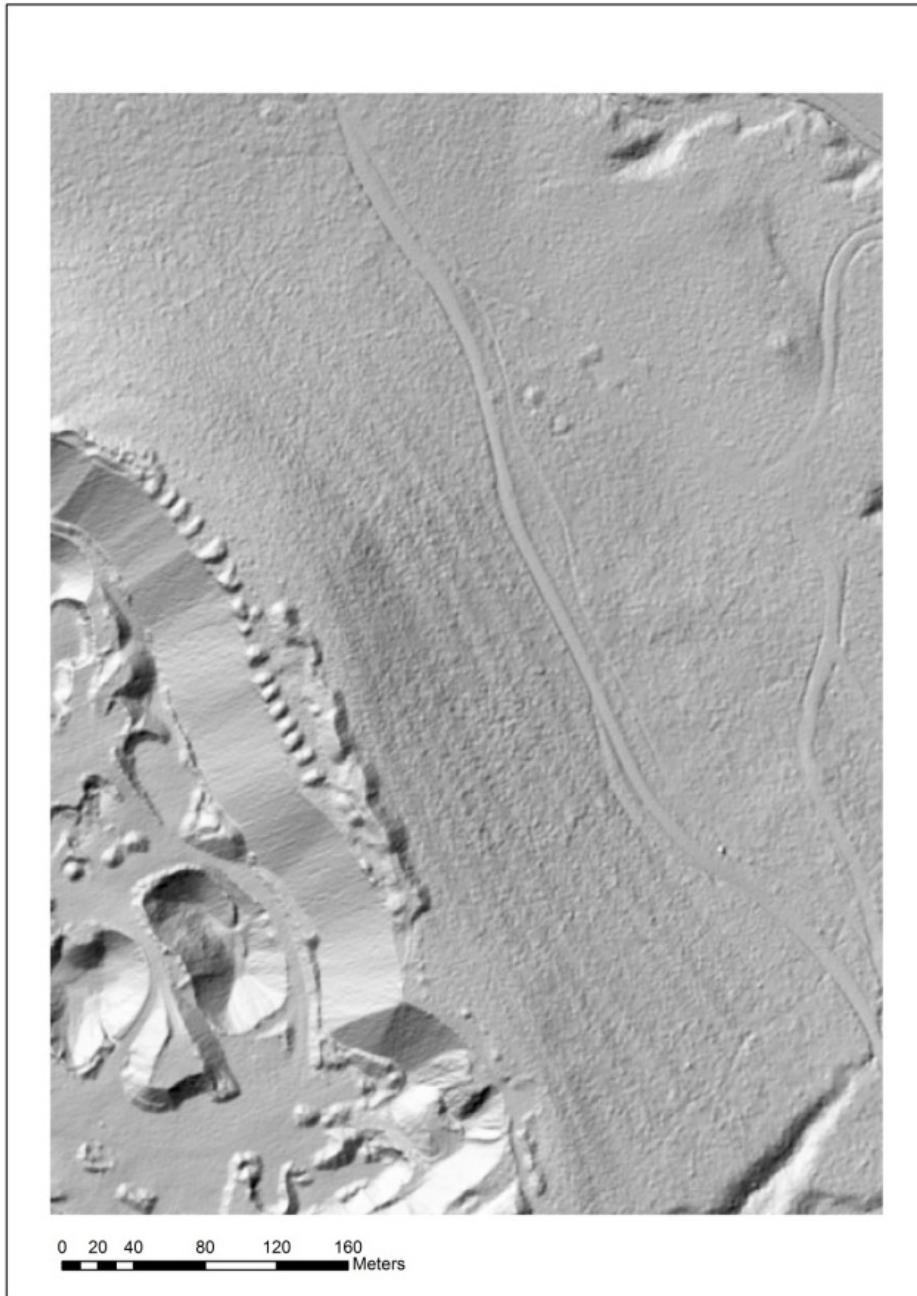
Lidarinstrumentet sender en laserpuls mot bakken, og det er returen av denne pulsen som danner grunnlag for å beregne avstanden til bakken. Signalet kan returneres fra ulike objekter, ikke bare terrengoverflaten. For eksempel gir signalet normalt en klar signatur fra vegetasjonen på bakken. Det er dermed to signaler (eller signalgrupper) som er av interesse: Bakkesignaturen og vegetasjonssignaturen (**figur 4**). Det er også viktig å merke seg at signaturen fra menneskelige strukturer som bygg, veier etc. også kommer klart fram. Dette kan ofte være en fordel, men i enkelte sammenhenger også en ulempe.



Figur 4. Figuren viser hvordan laserpulsen reflekteres fra flere nivåer når den treffer et tre og hvordan dette gir opphav til en overflatemodell (på norsk DOM) og en terrengmodell (på norsk DTM). Figur fra det svenske forskningsprosjektet EMMA (<http://emma.slu.se/emma/>) med tillatelse.

2.1 Bakkesignalet

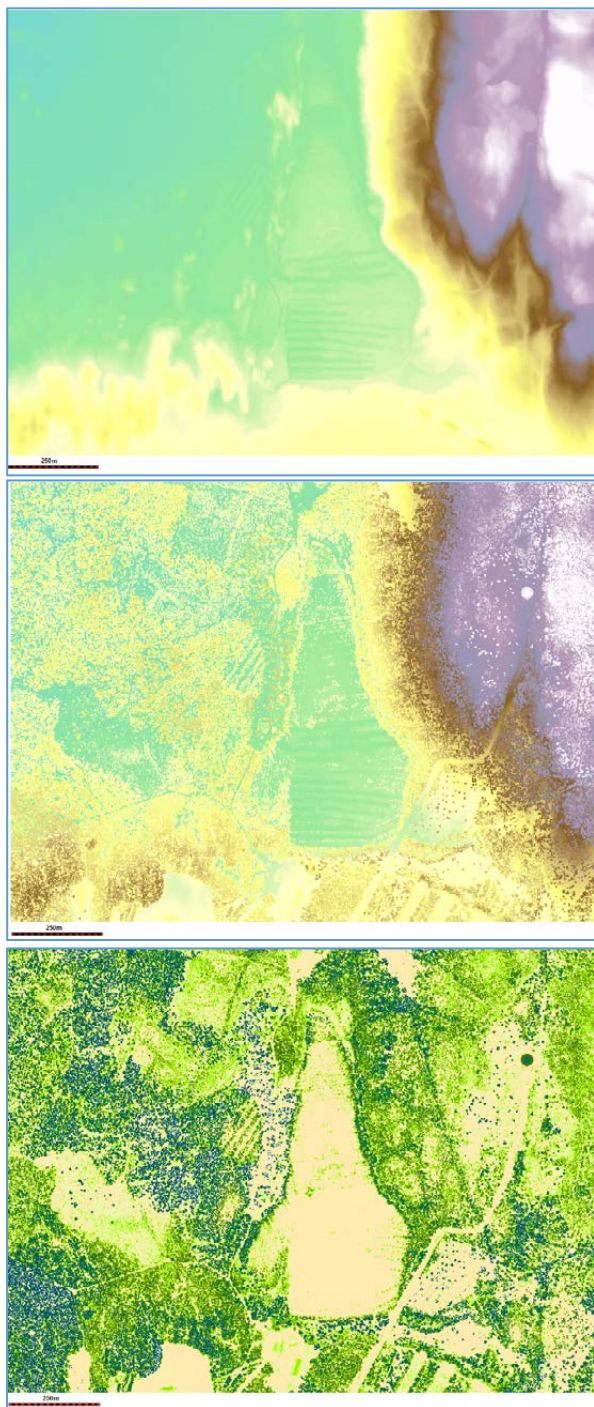
Fordi det sendes ut så mange signaler fra flyet, får man serier med uavhengig målte høyder til terrenget tilbake. Dette gir en helt ny mulighet til kartlegging av terrengstrukturer som har betydning for å bestemme naturtyper og naturtypeegenskaper. Samtidig har laserpulsene evnen til å produsere signalreturer fra bakken også der denne er dekket av vegetasjon som f.eks. skog (**figur 5**). Dette gir en betydelig forbedret kvalitet med hensyn på detaljer i terrengstrukturen i forhold til det vi tidligere har hatt mulighet til (se f.eks. Gallay, 2013). Flere eksempler er vist i vedlegget.



Figur 5. Terrengskyggekart basert på detaljert LIDAR ved Geitryggen i Skien. Legg merke til at både terrengdetaljer, her representert med strandlinjer så vel som menneskelig aktivitet i et større grustak og småveisystemer kommer tydelig fram, selv om særlig strandlinjene er dekket av tett skog. (Erikstad 2011).

2.2 Toppsignalet

Bortsett fra bakkesignalet vil de resterende signalene være knyttet til objekter som dekker terrenget slik som hus, trær og andre strukturer (**figur 4**). I sin enkleste form kan man si at bakkesignalet reflekterer skogbunnen, mens toppsignalet representerer tretoppene. Bakkesignalet kan representeres ved en terrengmodell som viser terrengets høyde og struktur, mens toppsignalet kan representeres med en overflatemodell som representerer toppen av vegetasjonsdekket, hus og andre strukturer (**figur 6**). Trekker man disse fra hverandre vil forskjellen representere en kontinuerlig modell av høyden på disse strukturene, f.eks. trehøyden i skog, noe som har ført til en omfattende bruk av lidar i skogbrukssammenheng (se f.eks. Bollandsås m.fl. 2013, Godbakken m.fl. 2012). Slike data er også etter hvert tilgjengelig på <https://kilden.nibio.no>.



Figur 6. Øverst terrengmodell fra området Hauerseftermosan, Øst for Gardermoen i Akershus (se også skyggemodell i vedlegget). I midten overflatemodell fra samme område og underst en trehøydemodell som resultat av forskjellen mellom de to. Legenden under viser forskjellen i meter. Data: NDH Akershus 5 punkt 2015. <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>



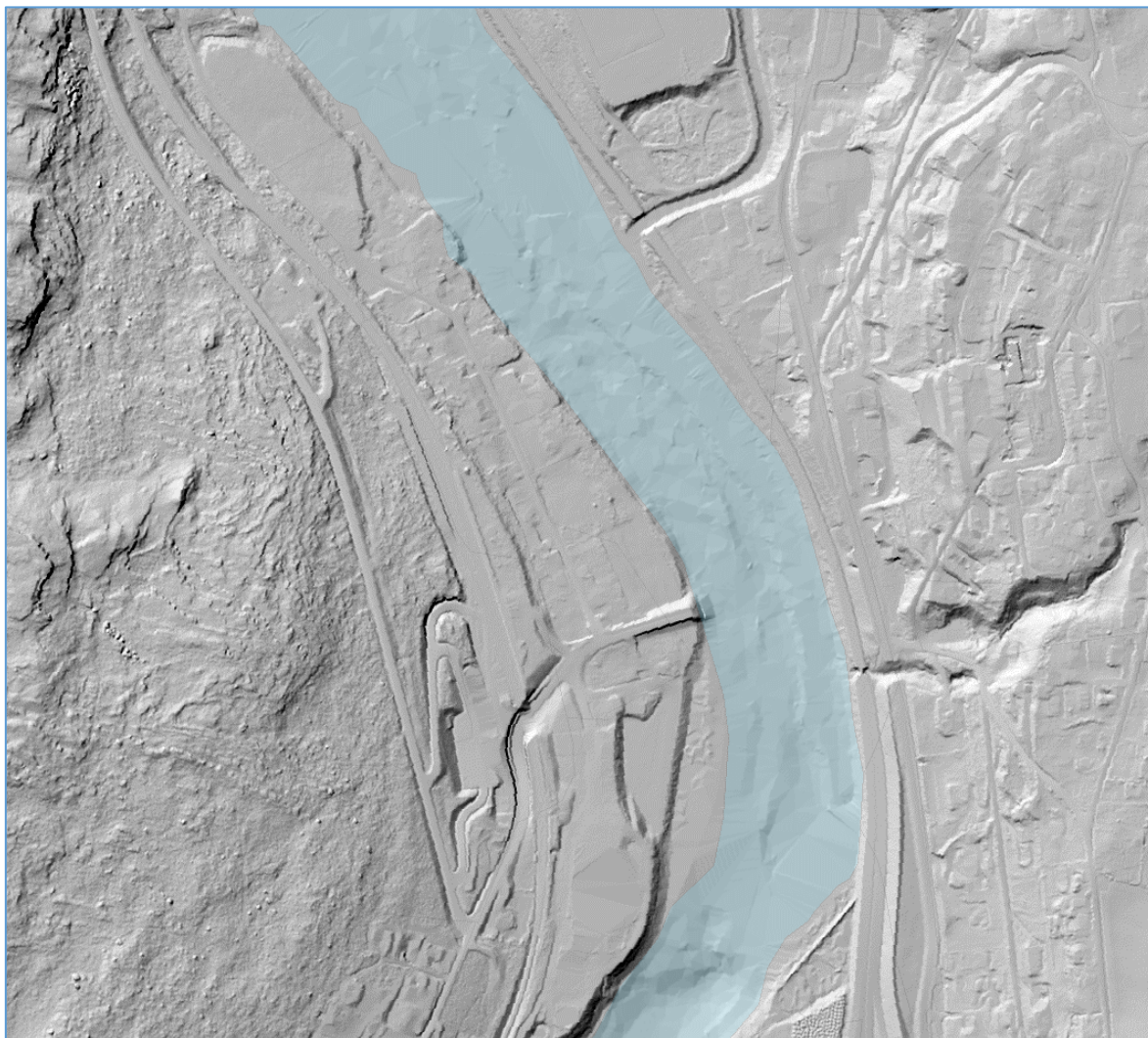
Det har de seneste årene vært forsket på å utnytte Lidarsignalene fra vegetasjonsdekket til en detaljert analyse så vel av biomasse som av artsdominans. Dette har i stor grad vært knyttet til skogbrukets ulike behov (Maltamo m.fl. 2014), men etter hvert også for bruk i naturforvaltningen (se f.eks. Eldegard m.fl. 2014, Lone m.fl. 2014, Sverdrup-Thygesson 2016) så vel som kulturminneforvaltningen (Risbøl m.fl. 2011, Risbøl & Amundsen 2011, Gustavsen m.fl. 2013). I kombinasjon med terrengdata vil vegetasjonssignalet kunne gi et svært godt bilde av viktige egenskaper knyttet til mange ulike naturtyper, slik som illustrert i **figur 6** og **figur 7**. Flere av disse spesialapplikasjonene trenger sterke analyseverktøy og fulle punktdatasett som utgjør store filer. Forskingen vil imidlertid kunne utvikles til mer automatiske analyser av store datamengder etter de behov som defineres og avhengig av hva slags egenskaper en ønsker å studere.



Figur 7. Profil av en 10 meter bred og 500 meter langt transekt. Mattias Nyström, Forskningsprosjektet EMMA (<http://emma.slu.se/emma/>) med tillatelse.

2.3 Grønn laser

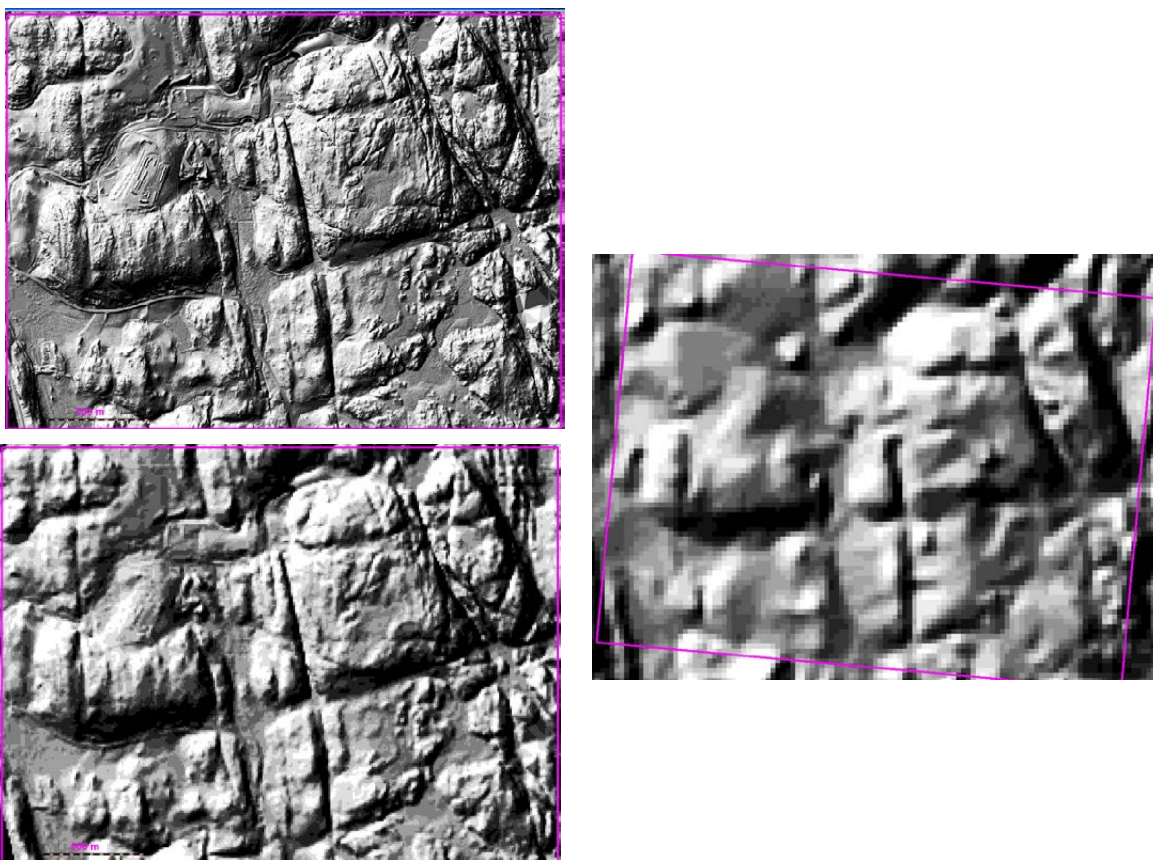
Den mest brukte frekvensen ved bruk av Lidar reflekteres så godt som fullstendig av en vannoverflate. Det er imidlertid også utviklet laserinstrumenter med andre bølgelengder som trenger gjennom grunt vann. Dette kalles grønn laser. Det er gjort mye forskning på bruk av grønn laser til ulike formål både langs kysten og i ferskvann (se for eksempel Tulldahl & Wikström 2012, Kartverket 2014, Moi m.fl. 2016.). **Figur 8** viser et lite utsnitt av Gudbrandsdalslågen ved Tretten i Oppland der bunnstrukturene i elva er klart synlige. Denne rapporten vil imidlertid ikke behandle grønn laser, og vi nevner denne muligheten kun kortfattet her.



Figur 8. Grønn laser over tretten i Gudbrandsalslågen. Legg merke til bunnstrukturene i elva som er synlig i datamaterialet. Data: NVE LIDAR datamodell for elvebunnen.

3 Skala

En av de store fordelene med Lidar er at man får et svært detaljert og uavhengig målt grunnlag for å etablere høydemodeller. Selve grunnlagsdataene kan utnyttes som de er (punktfiler med egenskaper knyttet til hvert enkelt punkt), men de kan også danne grunnlag for mer tradisjonelle høydemodeller. Lidarfilene er svært datatunge slik at hvis man skal analysere store områder relativt raskt, vil det fort bli krevende hvis man ikke har spesialutstyr. Selv med rastrede høydemodeller vil en detaljert oppløsning være et spørsmål som kan forårsake dataproblemer hvis området som skal analyseres blir for stort. Det vil derfor være aktuelt å produsere grovere modeller ved analyse av store områder. Per i dag er nasjonale høydemodeller i Norge gitt i oppløsning på 10 og 25 meter, men når man behandler hele landet under ett er det ikke uvanlig også å benytte en oppløsning på 100 meter. Det er i denne sammenheng viktig å understreke at kvaliteten på en relativt grov terrengmodell basert på gode uavhengig målte høydedata (f.eks. Lidar) er dramatisk bedre enn de høydemodellene vi bruker i dag (**figur 9**). Disse er interpolert fra eksisterende koteverk i de topografiske kartene våre (Erikstad m. fl. 2013).



Figur 9. Terrengskyggekart fra Grønmo utenfor Oslo basert på to ulike datakilder. De to til venstre er basert på Lidar i hhv 1m (øverst) og 10 m oppløsning og til høyre vises den nasjonale høydedatabasen med oppløsning på 25 meter. Denne er interpolert fra koter med ekvidistanse 20 m. Lilla firkant viser samme område og ligger skjevt i siste figuren pga ulik kartprojeksjon. Datakilde for Lidardata: Oslo kommune.

Når det gjelder spørsmålet om hvor mye detaljer vi kan se i Lidardataene, må vi se litt på hvordan høyderegreringen gjøres og dessuten skille Lidaropptak med høy oppløsning fra de med noe mindre oppløsning. Oppløsningen styres ved flyhøyde, og det betyr at detaljerte data er dyrere å samle inn enn Lidardata i noe grovere data.

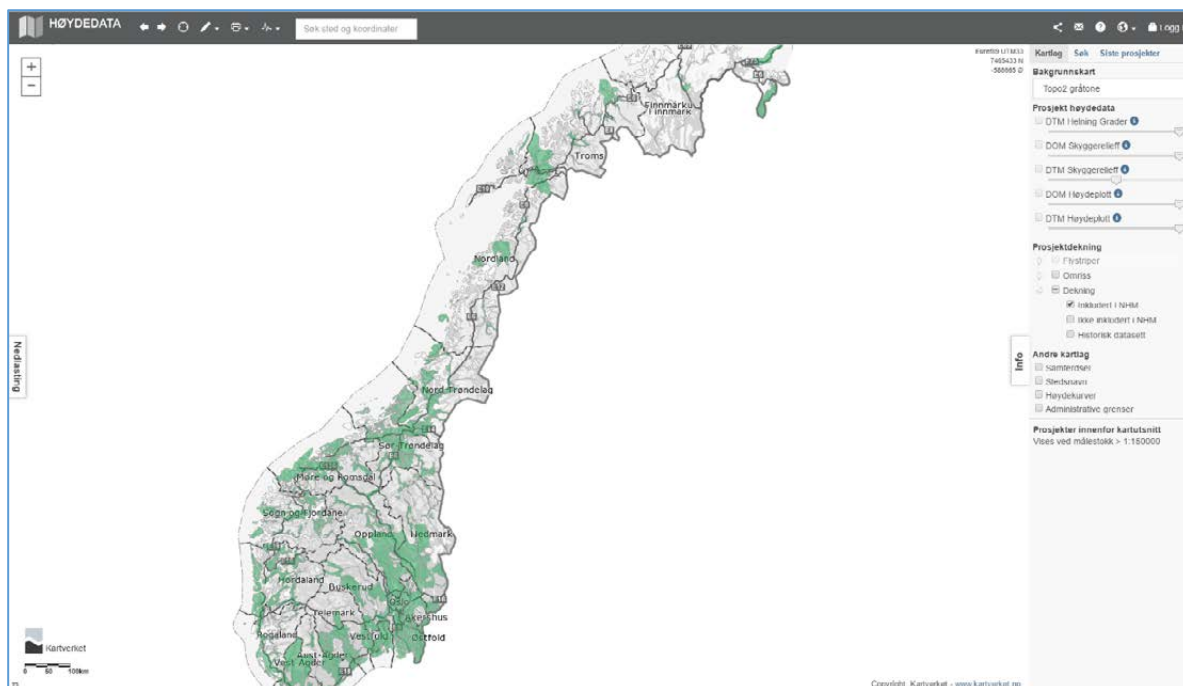
Lidaren skanner terrenget i en stråle frem og tilbake på begge sider av flyet (**figur 1**). Signalene blir ikke liggende i et regulært grid, men som ujevne linjer på tvers av flyretningen. Oppløsningen oppgis gjerne som et gjennomsnitt av antall punkter per kvadratmeter. I og med det mønsteret som punktsvermen har, vil et slikt gjennomsnittstall ikke fortelle om den maksimale avstand som kan finnes mellom to punkter i punktsvermen. Det betyr at det kan finnes strukturer i disse mellomrommene som ikke blir registrert, noe som forsterkes av at det fra tid til annet kommer feilregistrering i systemet. Ofte vil slik feilregistrering løses ved et filter som gjør at man ikke tar hensyn til skarpe topper med liten utstrekning i programvaren som behandler dataene. Disse oppfattes som uteliggere og blir ikke tatt med i analysen. **Figur 10** viser et eksempel på dette i et dataopptak med gjennomsnittlig 1 punkter per m² fra Brattestø på Hvaler i Østfold. Som ekspertbruker vil man kunne justere slik filtrering for å finne balansen mellom å inkludere feilregistreringer og ikke miste for mange detaljer i terrengstrukturen. Totalt kan man anslå som en ikke-ekspertbruker at en Lidarmodell med 1 punkt pr meter vil gi grunnlag for en meget god 4m høydemodell. Det betyr ikke at en meters høydemodell fra denne datakilden blir dårlig hvis man bare ikke forventer at f. eks. alle enkeltsteiner blir registrert. Ved analyse av enkeltsteiner kan disse imidlertid registreres, hvis punkttettheten er stor nok, på samme måte som hus/trær der nettopp disse avvikene isoleres og analyseres for seg.



Figur 10. Lidar avlesningspunkter innenfor et område på 30 x 30 meter på en strand ved Brattestø på Hvaler i Østfold. Svarte punkter er punkter som oppfattes av programvaren som uteliggere og som ikke teller med. Legg merke til at flere av disse er reelle verdier fra toppen av steiner. Legg også merke til at det finnes områder på stranda med punktavstand opp til 2-3 meter. Modellen kan sammenlignes med en modell med høyere oppløsning i vedlegget.

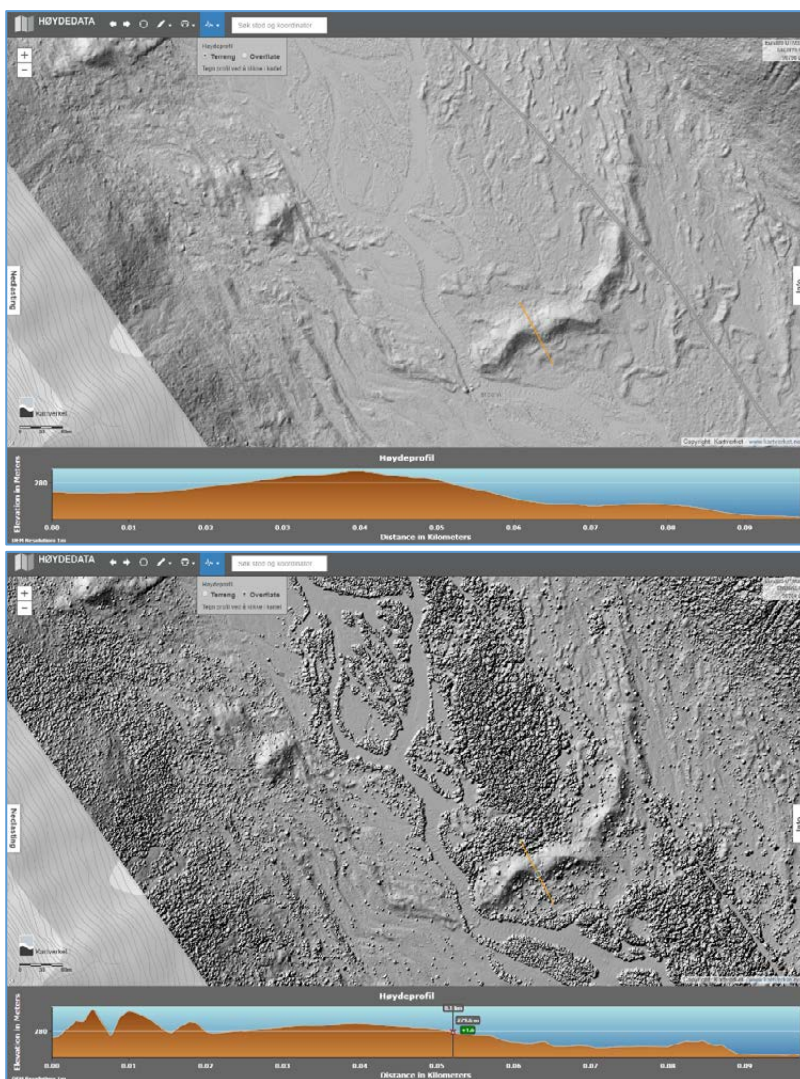
4 Tilgang på data og innsynsløsning uten behov for spesiell programvare

Relativt store deler av landet er dekket av lidardata. De fleste av disse dataopptakene er nå samlet i en innsynsløsning utarbeidet av Statens Kartverk (**figur 11**). Innsynsløsningen kan finnes på web-adressen <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>, og inneholder foruten dekningsoversikt også metadata knyttet til dataopptakene, samt en rekke analysefunksjoner som er nyttige for praktisk bruk av Lidardata uten bruk av spesialprogramvare. Innsynsløsningen gir også mulighet for datanedlastning.

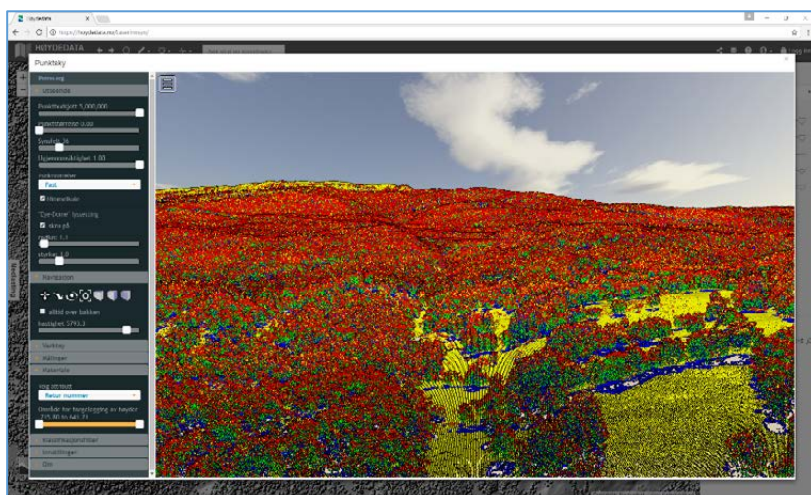


Figur 11. Dekningsoversikten på hoydedata.no med navigeringsfunksjonalitet (øverst), angivelse av prosjektdata (nede til høyre), dataformater øverst til høyre og mulighet for nedlastning (ytterst til venstre) (hoydedata.no).

Av de dataformatene man kan velge, er de to høydemodellene som tidligere er omtalt (DTM – terrengmodell og DOM – overflatemodell). **Figur 6** gir et eksempel på disse to modellene og hvordan de kan brukes til å se på vegetasjonshøyde. Det er også mulig å få visualisert et skråningskart samt å representere de to høydemodellene som terrengskyggekart (**figur 12**). Man kan også lage profiler og på den måten måle hellingen på elver, høyden på enkeltrær, myrstrukturer m.m. I tillegg er det mulig å gjøre en del punktanalyser og visualisere den reelle punktsvermen (**figur 13**).



Figur 12. Øverst terrengmodell (DTM), nederst overflatemodell (DOM) fra hoydedata.no for et område ved Nigardsbreen i Jostedal i Sogn og Fjordane. I terrengmodellen ses tydelig Nigardsbrens brendamener, den største fra rundt 1880, og i overflaten ses hvordan området er i ferd med å få etablert tett skog. Begge modellene viser profiler rett over den største morena, den ujevne formen på det nederste profilet er knyttet til trærne i den nyetablerte skogen.

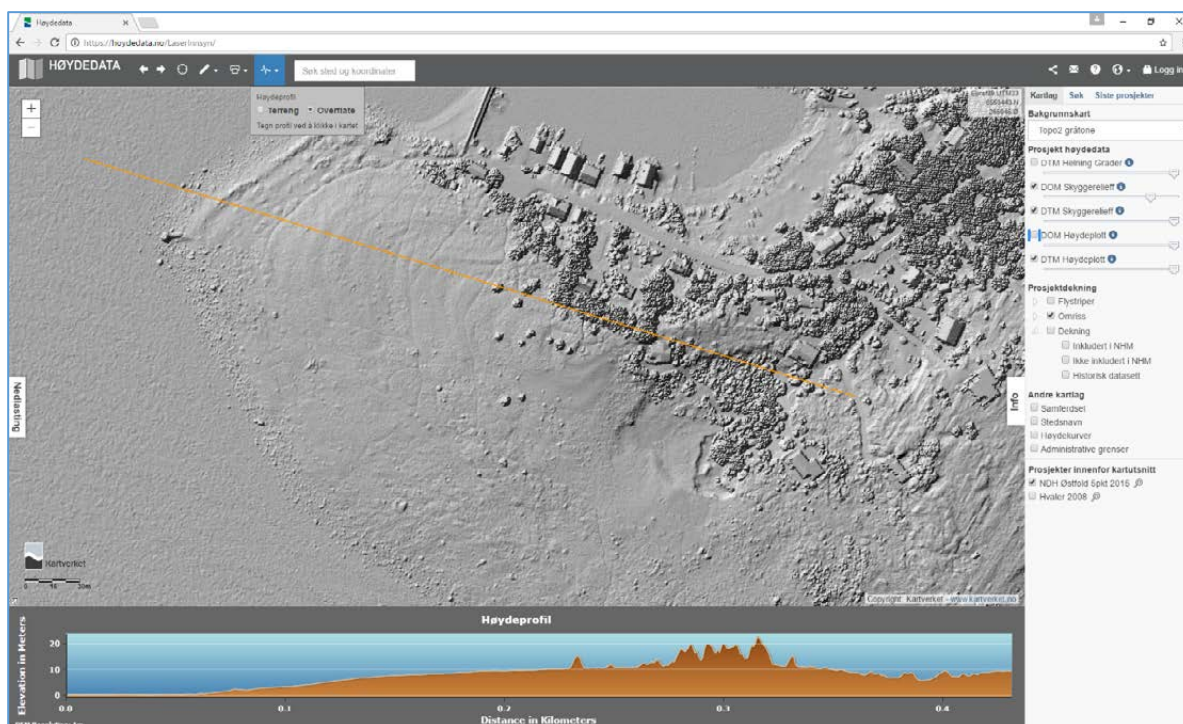


Figur 13. Eksempel på innsyn til den reelle punktsvermen vist i et tredimensjonalt bilde. Data fra Fauskevåg ved Harstad i Troms (Data: Harstad, 2 punkt).

5 Forskjellen mellom 2 punkt og 5 punkt laseropptak

Vi har valgt ut noen områder der det finnes laserdata med ulik oppløsning. Vi har ikke analysert disse områdene i detalj med spesiell programvare, men sett på dataene slik de fremkommer i Kartverkets innsynsapplikasjon www.hoydedata.no, med hovedformål å se på detaljeringsgrad og tolkbarhet av de dataene som finnes. Ved detaljert analyse vil en kunne komme mye lenger i en reell analyse (se f.eks Nyström m.fl. 2010, Vauhkonen m.fl. 2012, Bollandsås m.fl. 2008, 2013, Hauglin m.fl. 2013), men vi antar at denne testen er tilstrekkelig til å gi et visst inntrykk av mulighetene og er særlig relevant for brukere som ikke er eksperter og har tilgang på spesialprogramvare, men som vil ha stor nytte av analysemuligheten i Kartverkets innsynsløsning. Resultatet er fremstilt visuelt i ulike målestokker og med bruk av ulike verktøy i visningsverktøyet, for å gi et inntrykk både på oversiktsnivå og på detaljnivå. De fire områdene vi har sett på er Tiller i Trondheim kommune, Sørmo tjern i Nannestad kommune, Fauskevåg i Harstad kommune og Brattestø i Hvaler kommune. Vi har supplert den visuelle fremstillingen med ortofoto fra Norge i Bilder (<http://norgebilder.no/>).

Resultatene er vist i vedlegget. **Figur 14** viser et eksempel på økt oppløsning hvis vi sammenligner begge datasettene som er vist i **figur 10**. I dataene med best oppløsning kommer steinene på stranda fram som reelle terrengstrukturer.



Figur 14. Terrengoverflatemodell basert på 5 punkt punkttetthet (NDH Østfold 5 punkt 2015) med høydeprofil fra Brattestø på Hvaler i Østfold. Legg merke til at enkeltsteiner på stranda er synlig som terrengstrukturer, pga tettere punktsverm, enn det som er vist i **figur 10**. Dette området er også vist i detalj i vedlegg B3.

6 Evnen til å identifisere naturtyper og miljøvariabler

Naturtypifiseringssystemet Natur i Norge (NiN) (Halvorsen m.fl. 2015) er utviklet av Artsdatabanken og er nå under full innarbeiding i norsk naturforvaltning. Systemet omfatter ulike nivåer slik som natursystem, naturkompleks og landskap. Typene er delt i hovedtyper og grunntyper, og typesystemet er supplert med et beskrivelsessystem som består av en formell del og en uformell del. I denne rapporten legger vi hovedvekten på natursystemnivået inkludert beskrivelsessystemet.

6.1 Natursystem og egenskaper knyttet til natursystem

På natursystemnivået defineres typene ut fra økologiske egenskaper i hovedtypegrupper som for eksempel fastmark på land, våtmark, ferskvannsystemer og saltvannsystemer. Innen hovedtypegruppene deles det i hovedtyper som har et felles preg når det gjelder grunnleggende økologiske egenskaper og som skiller seg fra andre hovedtyper ved en betydelig ulikhet med tanke på artsinnhold. Grunntyper defineres i forhold til økologiske egenskapsvariable (lokale komplekse miljøvariable, forkortet LKM), der disse forårsaker et gitt nivå av artsforskjeller mellom typene. LKM-ene er dermed sentrale for å identifisere naturtypene, og de er også viktige i den formelle delen av beskrivelsessystemet. Ved en vurdering av i hvilken grad Lidar vil være nyttig for å identifisere relevante miljøvariabler, er det praktisk å gruppere LKM-ene i tre grupper.

- Terreng og terrengstrukturer som er synlig i en terrengmodell (DTM)
- Vegetasjon og vegetasjonsstruktur som er synlig overflatemodeller (DOM)
- Egenskaper som ikke er knyttet til synlige strukturer eller vegetasjon, men som kan avledes ved beregninger av Lidardata evt. i kombinasjon med andre datakilder.

Denne inndelingen er også nyttig når man tenker på øvrige egenskaper som er en del av det uformelle beskrivelsessystemet. I **tabell 1** er det gitt en oversikt over LKM-ene i NiN 2.0 med en kort kommentar knyttet til om og hvordan disse kan ses i Lidardatasett. Der det henvises til behov for detaljert oppløsning, antar vi at 5 punkt data vil være nødvendig. Vi har ikke hatt grunnlag for å spesifisere nærmere graden av nytte og krav til data utover det som kommer fram i kommentarfeltet.

Tabell 1. Oversikt over lokale komplekse miljøvariable (LKM) som benyttes ved typeinndeling eller i beskrivelsessystemet på natursystemnivået i NiN 2.0. Se Halvorsen m.fl. (2015) for nærmere forklaring på begrepene og hvordan de brukes. Variabler som er merket grått anses uaktuelle i denne sammenheng og anvendeligheten er indikert løselig med tre farger i grønt der den lyseste indikerer potensial for utvikling av metoder til mørk grønt som indikerer direkte nytte med eksisterende kunnskap. Fargegjengivelsen bør forstås som en indikasjon og bør leses i sammenheng med kommentarteksten.

Kode	Navn	Kommentar
AS	Arid terrestrisk salinitet	Jordsmonnegenskap. Svalbard. Ikke relevant
BK	Berggrunn med avvikende kjemisk sammensetning	Kjemiske egenskaper i grunnen som gjerne fører til forgiftingssymtomer eller spesialtilpassinger av vegetasjon. Mest vanlig: ultramafiske bergarter (olivin-serpentin) samt kisbergarter. Eget miljøvariabelkart finnes. Løsmas-sedekke kan svekke betydningen av bergarten. Her er en terrengmodell basert på Lidar nyttig for å vurdere forholdene.
DD	Dybderelatert variasjon i dype terskelfjorder	
DL	Dybderelatert lyssvekking	
DM	Dybderelatert miljøstabilisering	
ER	Erosjonsutsatthet	Erosjonsformer tilknyttet elveløpsformer kan ses på detaljerte høydemodeller. Laser nyttig, behov for stor detaljeringsgrad.

FK	Ferskvannsføremøster med avvikende kjemisk sammensetning	
FR	Flomregime	
GS	Grottebetenget skjerming	Stup med mulige overheng kan identifiseres ved hjelp av høydemodeller. En del typer grotteinngangsområder som blinde daler, doliner o.l. likeså. Moderat detaljeringsnivå ønskelig. Lidardata har høyere usikkerhet i bratte skråninger.
HF	Helningsbetenget forstyrrelsesintensitet	Helling tas direkte ut fra høydemodell. Detaljeringsgrad er fleksibel.
HI	Hevdintensitet	Sporbar på detaljerte høydemodeller. Særlig innen typene semi-naturlig mark og sterkt endret mark. Ønskelig med stor grad av detaljering.
HR	Semi-naturlig hevdregime	Beite innen seminaturlige systemer (se HI). Lyngbrenning: viktigste signal: manglende skog på arealer en skulle forvente skogsmark.
HS	Hovedtypespesifikk inndeling	
HU	Humusinnhold (vannfarge)	
IF	Isbetenget forstyrrelse	Erosjonsformer langs vann og vassdrag kan ses på detaljerte høydemodeller. Laser nyttig, behov for stor detaljeringsgrad. Kan være vanskelig å skille fra ER
IO	Innhold av organisk materiale	Jordsmonnegenskap som vanskelig lar seg identifisere direkte ved bruk av laser.
JF	Jordflyt	Sterk jordflyt som gir opphav til landformer som valker og flytjordsblokker lar seg identifisere ved detaljert laser
JV	Jordvarmeinnflytelse	Lite relevant utover Svalbard og Jan Mayen
KA	Kalkinnhold	Har hovedsakelig betydning for jordsmonnegenskaper og vekstforhold. Eget miljøvariabelkart finnes. Løsmassedekke kan svekke betydningen av bergarten. Her er en terrengmodell basert på Lidar nyttig for å vurdere forholdene.
KI	Kildevannspåvirkning	Lite synlig i terrengmodeller. Analyse av markfuktighet kan være til hjelp.
KO	Konnektivet	Detaljert terrenginformasjon kan anvendes til å sannsynliggjøre konnektivet i tilfeller der bekk er sporadisk eller for liten til å finnes på topografiske kart.
KT	Kildetype	Lite synlig i terrengmodeller. Terrengform og løsmasseegenskaper fra Lidar DTM vil være nyttig.
KY	Kysttilknytning	
LA	Langsom primær suksesjon	Lidarmodellene gir godt grunnlag for å identifisere morener i forland og strandmerker i langs kyst. Informasjon om vegetasjonstetthet og høyde gir informasjon om grad av gjengroing. Databehov middels til detaljert.
LK	Langsom sekundær suksesjon på korallrev	
MB	Markbearbeiding	Markberedning med grøftespor bør kunne ses i høydemodeller (DTM). Stor punkttetthet en fordel.
MF	Myrflatepreg	Terrengmodellene viser strukturene i myrflata som kan benyttes til å studere fysiske forhold knyttet til myrflatepreget og myrtypen. Stor punkttetthet en fordel.
MX	Semi-naturlig mark/bunn uten hevdpreg, preget av menneskebetenget forstyrrelse	Studeres normalt på grovere skala, men informasjon om grad av tredekning, høyde m.v. vil kunne supplere annen informasjon. Punkttetthet: middels.
NG	Naturlig gjødsling	Gir ikke virkning på terrenget. Terrenganalyse kan imidlertid brukes til å studere bratthet, knauser og underliggende ur som kan spille en rolle i kartlegging av disse forholdene.
OF	Oppfrysing	Oppfrysing fører normalt til økt stein- og blokk-konsentrasjon i overflaten evt med landformer som steinpolygoner.
OM	Oksygenmangel	
OR	Overrisling	Ikke synlig i terrengmodeller.
PF	Permafrost	Hvis permafrost gir seg utslag i konkrete landformer som steinpolygoner, oppfrysningsmark, palsler kan disse identifiseres i gode terrengmodeller basert på høyoppløselig Lidar. Ellers er permafrost ikke synlig i terrengmodeller.

RU	Rasutsatthet	Tidligere rashendelser er godt egnet for analyse i terrengmodeller. Snøskredbaner som påvirker og hindrer skogsvekst er særlig godt synlig. Midlere oppløsning er tilstrekkelig.
SA	Marin salinitet	I jord er dette en jordsmonnegenskap som ikke i seg selv er synlig i terrengmodeller. I den grad at vegetasjonsforholdene blir sterkt påvirket er det mulig at en i detaljmodeller kan spore gradienten (se SF).
SE	Sedimentbasert forstyrrelse	Terrengmodeller kan gi en forståelse av gradienten i rennende vann knyttet til landformer (erosjonsformer og sedimentasjonsformer – f.eks. grusbanker- i elveløpet. Tolkning kan forsterkes ved bruk av grønn radar.
SF	Saltanriking av mark i fjærebeltet	De øverste delene av gradienten kan observeres i terrengmodeller, helst ved en overordnet vurdering av helheten i strandsonen. Oppløsning avhengig av forholdene og vegetasjonen rundt stranda.
SH	Spesiell mark/bunn preget av historisk miljøstress eller forstyrrelse	Skredmark, beforland og blokkmark er observerbart i terrengmodeller. Blokkmark krever bedre oppløsning enn de to andre. Polarørken kan være vanskelig å se, mens grus og sanddominert strand og strandlinje ofte gir et karakteristisk strandlinjemønster som er lett observerbart. Oppløsning: middels til detaljert.
SM	Størrelsesrelatert miljøvariabilitet (i vannsystemer)	Overordnet egenskaper som ikke er relevant i denne sammenhengen kanskje med unntak av trinn e-g (små grunne vannforekomster) ved bruk av grønn radar.
SP	Slåttemarkspreg	Semi-naturlig mark kan ses i en del sammenhenger med data med god oppløsning. Gjelder kanskje helst beitemark med tuer eller i helling med parallelle linjer langs skråningen. Ren slåttemark er mer usikkert.
SS	Sandstabilisering	Sanddyner er lett observerbare i terrengmodeller. Vegetasjonsgradient synlig fra buskstadiet til skog. Oppløsning avhengig av vegetasjon og størrelse på sanddynene.
SU	Skredutsatthet	Større skredområder kan analyseres i terrengmodeller og Lidar er til stor hjelp i skogsområder. Små skredhendelser er mer utfordrende og vil i alle fall trenge høyoppløselige data.
SV	Snødekkebetinget vekstsesongreduksjon	Gradienten følger terrenget og deler av gradienten innen klassen rabbe, fjellhei, og leside kan studeres i relativt stor detalj ved hjelp av gode terrengmodeller. Snøleie er imidlertid koblet til hvor lenge snø ligger på det enkelte sted og kan ikke utledes av terrengmodeller direkte.
SX	Sterkt endret mark/bunn uten hevdpreg, preget av menneskebetinget forstyrrelse	All endret mark der endringen påvirker terrengformen kan observeres i terrengmodeller.
SY	Sterk endring av vannmasser	Nei med mindre årsaken er fysiske terrenginnrep
	Sedimentsortering	Ja innenfor grenser (kvartærgeologisk/geomorfologisk tolking)
	S3E	"
	S3F	"
	S3S	"
	S1	"
TE	Torvproduserende evne	All torvakkumulering som gir utslag på landform og terreng er observerbare i terrengmodeller.
TU	Turbiditet	
TV	Tørrleggingsvarighet	Deler av soneringen vil trolig være synlig i gode modeller.
UE	Uttørkingseksponering	Terrengvariasjonen som ligger bak gradienten i ulike situasjoner er observerbar
UF	Uttørkingssfare	Terrengvariasjonen som ligger bak gradienten i ulike situasjoner er observerbar
VF	Vannpåvirkningssintensitet	Terrengmodeller kan brukes til å avlede elvegradient som kan kobles til eksponeringsklassene i gradienten
VI	Vindutsatthet	Bare ytterpunktet av gradienten der dette gir seg utslag i klare landformer (f.eks. i flyvesand) er observerbar.
VM	Vannmetning	Ikke direkte observerbar men analyse av markfuktighet basert på Lidar kan bidra.
VR	Vannpåvirkningsregime	Ikke observerbart
VS	Vannsprutintensitet	Ikke direkte observerbart. Muligens modellerbart ved å kunne bestemme fall i elva som ut fra kjent vannføring gir grunnlag for fossepåvirkning.
VT	Vanntilførsel	Ikke direkte observerbart.

6.2 NiN beskrivelsessystemet

Den formelle delen av beskrivelsessystemet er knyttet til de definerte LKM-ene som er vist i **tabell 1**. Beskrivelsessystem for andre kilder til variasjon enn lokale komplekse miljøvariabler er delt i ni hovedgrupper og er vist i **tabell 2** på tilsvarende måte.

Tabell 2. Oversikt over gruppene av egenskaper som er definert i den uformelle delen av beskrivelsessystemet til i NiN 2.0 . For beskrivelse av farger, se **tabell 1**.

Navn	Spesifisering i NiN beskrivelsessystemet.	Kommentar
Artssammensetning		Det er etablert metoder for analyse av artsbestemmelse av trær samt analyse av skogstruktur. Krever høy kompetanse og gode data.
Geologisk sammensetning		Jordartsforekomst har gjerne et landformuttrykk der bruk av lidar-data har stort potensiale.
Landform		Landformer kan analyseres i stor detalj ved bruk av Lidar også der skog skjærer tolkningsmulighetene ved tradisjonell bruk av flyfoto.
Naturgitte objekter		
	Dødvvedprofil	Er observert i forbindelse med analyser av skogstruktur, men store utfordringer
	Nakent berg i jorddekt natursystem	Områder der overflatetopografien styres av fjellet under og med sannsynlighet for nakent berg er godt synlig i jorddekte systemer.
	Rotvelt	Store rotvelter burde i prinsippet være synlig med detaljerte data, men kan være vanskelig å skille fra andre strukturer.
	Gammelt tre	Enkeltrær er synlige. Det er etablert metoder for analyse av artsbestemmelse av trær. Krever høy kompetanse og gode data.
	Tre med spesielt livsmedium	Vanskelig å gå i større detalj enn punktet over.
	Stort tre	Enkeltrær er synlige. Det er etablert metoder for analyse av artsbestemmelse av trær. Krever høy kompetanse og gode data.
Menneskeskapte objekter		Hus, veier og andre konstruksjoner er godt synlige, kan måles og studeres i Lidar høydemodeller. Mest aktuelt når det trengs ekstra detaljering i forhold til eksisterende kartmateriale eller ved analyser av endring over tid.
	Kulturminner	Det er utviklet egen metodikk for identifisering av kulturminner basert på Lidar der metoden har vist seg meget nyttig, særlig i skog og gjengrodde arealer der vegetasjonen skjuler kulturminnene.
Regional naturvariasjon		Overordnet skalanivå
Tilstandsvariasjon		Her er kun fastlandselementer tatt med
	Fremmedartsinnslag	Enkeltrær er synlige. Det er etablert metoder for analyse av artsbestemmelse av trær. Krever høy kompetanse og gode data.
	Grøfting	Grøfting er normalt godt synlig i Lidar høydemodeller selv i tett skog.
	Jordbruk	Aktivitet som fører til endring i terreng eller skogstruktur kan analyseres.
	Miljøgifter og annen forurensning	Tipper fra gruver o.l. kan identifiseres.
	Overbeskatning	Ikke observerbart.
	Rask suksesjon	Trær og busker kan observeres, måles med tanke på tetthet og dekning og også med tanke på høyde.

	Skogbruk	Tiltak som endrer terrengstruktur som f.eks. markberedning bør kunne identifiseres der dette er svært uttalt, det samme gjelder tiltak som endrer skogstruktur slik som åpen hogst
	Skogbestandsdynamikk	Det er etablert metoder for analyse av artsbestemmelse av trær samt analyse av skogstruktur. Krever høy kompetanse og gode data.
	Spor etter slitasje og slitasjebetinget erosjon	Der dette får terrengeffekt kan det observeres. F.eks. er stier o.l. ofte synlige selv i skog.
	Naturlig bestandsreduksjon på tresatt areal	Snørasbaner i skog er normalt godt synlig, trolig også skogbrann og andre prosesser som påvirker skogstruktur i sterk grad, men dette krever høy kompetanse og gode data.
	Forsuring	Ikke observerbart
	Spor etter ferdsel med tunge kjøretøy	Synbart i terreng der spor setter varig merke også i skog.
	Ubalanse mellom trofiske nivåer	
	Vassdragsregulerings effekt	Terrengmodellene gir et øyeblikksbilde men for vannmagasin i skog er skogen normalt ryddet opp til høyeste regulerbare vannstand. Dette kan observeres.
	Terrengformvariasjon	Gode lidarmodeller gir grunnlag for svært detaljerte og sterkt forbedrede analyser av terrengformvariasjon
	Romlig strukturvariasjon	
	Nedbørfeltstørrelse	Bedre terrengmodeller basert på Lidar vil øke presisjonen på nedbørfeltavgrensinger særlig i flatt terreng
	Terskeldyp	Grunne terskler kan være innenfor rekkevidden av grønn radar.
	Tresjiktstruktur	Det er etablert metoder for analyse av artsbestemmelse av trær samt analyse av skogstruktur. Krever høy kompetanse og gode data.
	Vannflateareal	Vannflateareal er en temporær størrelse mens en lidar-modell gir et øyeblikksbilde som ikke uten videre kan kobles.
	Vanndybde	Før grunne områder vil grønn Lidar være til hjelp. Systematiske forsøk pågår både i marint miljø og limnisk miljø.

6.3 Truede naturtyper

Det er også aktuelt å kunne bruke Lidar til direkte identifisering av naturtyper. Per i dag er dette kanskje mest aktuelt for truede naturtyper som er avledet fra eksisterende rødliste for naturtyper (Lingaard & Henriksen 2011). Ofte er det slik at Lidardata gir relevant informasjon, men ikke tilstrekkelig til en entydig konklusjon. Her vil det være svært nyttig å benytte Lidar i kombinasjon med øvrige datakilder, se f.eks. Bakkestuen & Erikstad (2017). En vurdering av muligheten er gitt i **tabell 3**.

Tabell 3. Oversikt over truede naturtyper med en vurdering av om analyse av Lidardata kan være til hjelp i kartlegging av disse.

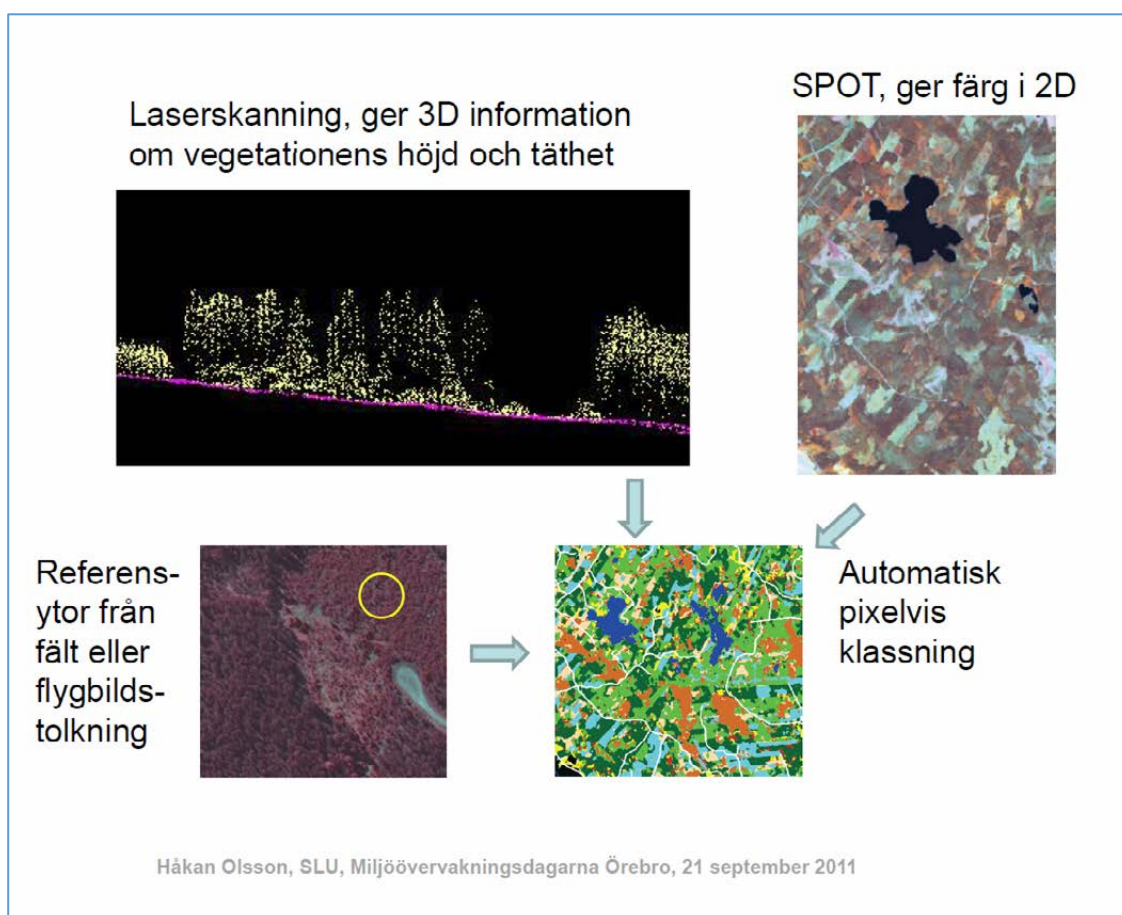
Naturtyper på natursystem-nivå	Lidar
Strandeng	Typiske terrengformer knyttet til strandeng lar seg identifisere ned til stor detalj.
Sanddynemark	Sanddyner lar seg lett identifisere ved bruk av gode terrengmodeller
Svak kilde og kildeskogsmark	Så lenge man ikke kan måle markfuktighet er dette en vanskelig naturtype å identifisere
Åpen myrflate	Terrengform og skogdekke lar seg observere i lidarmodellene
Flommyr, myrkant og myrskogsmark	Terrengform og skogdekke lar seg observere i lidarmodellene
Arktisk-alpin grunn våtmark	Flate områder eller forsengkninger lar seg identifisere i den detaljgrad som måtte være ønskelig.
Kulturmarkseng	Semi-naturlig mark lar seg stedvis identifisere., muligens også enkelte slåtteenger.
Kystlynghei	Manglende skog der en ellers skulle forvente skog langs kysten er en indikator som lar seg identifisere.
Fjæresone-skogsmark	Kombinasjon av skog og terrengform kan benyttes.
Mandelpilkratt	Vegetasjonstetthet og høyde langs vassdrag gir en indikator .
Doggpilkratt	Vegetasjonstetthet og høyde langs vassdrag gir en indikator.
Kystgranskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad.
Beiteskog	Avhengig av i hvilken grad beitet påvirker skogstrukturen.
Temperert kystfuruskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Kalkrik bøkeskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Lågurt-grankalkskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Høgstaudegranskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Høgstaude-grankalkskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Lågurt-eikeskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Lågurt-lyngfuruskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Lågurt-lyngfurukalkskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse
Kalkrik lavfuruskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Lav-furukalkskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Kalklindeskog	Lidar er brukt til treartsgjennkjenning. Krever trolig stor detaljeringsgrad og kompetanse.
Olivinskog	Avhengig av berggrunnsinformasjon .
Åpen flomfastmark	Terrengforholdene langs elv og vassdrag kan analyseres mtp flompåvirkning .
Fosseberg og fosseeng	Gode høydedata kan brukes som hjelpemiddel til å identifisere foss.
Jordpyramide	Usikkert, men burde være mulig.
Grotte	Grotterelaterte former som blind dal og doliner kan identifiseres.
Åpen grunnlendt kalkmark i boreonemoral sone	Detaljerte terrengmodeller med vegetasjonsinformasjon i stor detalj vil kunne bidra til å avgrense naturtypen.

6.4 Natursystemkompleks

Naturkompleks eller natursystemkompleks er et nivå i NiN 2.0 som ikke er realisert enda. Foreløpig kan imidlertid inndelingen av nivået landskapsdel i NiN 1.0 benyttes (Erikstad m.fl. 2009). Det kan være særlig nyttig i naturtypekartlegging på et noe grovere nivå enn på natursystemnivå. Landskapsdelene har gjerne et lett gjenkjennelig terrenguttrykk og Lidardata er normalt velegnet til å identifisere og avgrense disse. De mest aktuelle landskapsdelen i denne sammenheng er raviner, våtmarksmassiv (myr), ras og skredområder og aktive delta. Detalj kunnskap knyttet til landskapsdel som elveløp og innsjø er også relevant i denne sammenheng.

6.5 Kombinasjon av datakilder

Nøkkelen til effektiv utnyttelse av Lidar, som andre datakilder, er ikke bare deres evne til identifisering, klassifisering og kartlegging av naturegenskaper og naturtyper alene. En bevisst bruk av kombinasjoner av datakilder, der en utnytter informasjonen fra disse i sammenheng er en nøkkel til best mulig resultat. **Figur 16** viser en prinsippskisse fra Sverige der dette er illustrert ved hjelp av Lidardata, satellittdata (SPOT) og flyfoto. I norsk naturkartlegging er det rimelig å tenke seg utvikling av metoder ved bruk av Lidar, ortofoto, satellittdata, f.eks. Sentinel, og bruk av eksisterende data. I tillegg til kartlegging vil modellering basert på slike kombinasjoner av data, også vise seg svært nyttig (se f.eks. Ullerud 2016).



Figur 16. Modell for systematisk bruk av kombinasjoner av datakilder i naturkartlegging. Figur fra det svenske forskningsprosjektet EMMA (<http://emma.slu.se/emma/>).

Økt bruk av laser i naturkartlegging vil kunne gi muligheter for betydelig raskere fremdrift og bedre geografisk presisjon i kartlegging av så vel naturtyper som naturegenskaper. Sammen med en generell økt bruk av fjernmålingsdata vil dette kunne gi et mer målrettet og effektivt feltarbeid i tradisjonelle kartleggingsoppdrag og vil gi grunnlag for å lage regionale datasett knyttet til viktige naturtyper og naturegenskaper (-variabler) basert på prediksjon og modellering i tillegg til direkte observasjon. Dette forutsetter at geografiske analyser basert på Lidar og andre fjernmålingsdata integreres planmessig i arbeidet med naturkartlegging.

6.6 Praktisk bruk

Bruk av Lidardata har lenge vært forbundet med behov for tung faglig spesialkompetanse og behov for stor datakraft. Dette er fremdeles riktig, men kanskje mest når det gjelder metodeutvikling og utvikling av automatiske kartleggingsalgoritmer, samt studier på detaljert nivå. Gjennom den nye innsynsløsningen til Kartverket er imidlertid disse dataene kommet nærmere en direkte bruksnytte til praktisk naturkartlegging, også uten at man besitter denne spesialkompetansen. Gjennom terrengmodeller og overflatemodeller samt terrengskyggekart kan man analysere terrengstrukturer, vegetasjonsdekket både på detaljert skala, så vel som i en grovere oversiktskala. Det har lenge vært naturlig at man før feltarbeid bruker flyfoto og eksisterende kartverk for en analyse av det området som skal kartlegges, for dermed å kunne effektivisere selve kartleggingen i felt og øke kvaliteten på denne.

Ved aktiv bruk av innsynsløsningen til Kartverket, kan datatilfanget i denne delen av kartleggingen forbedres vesentlig og bidra til bedre og mer effektiv kartlegging. Det er rimelig å utvikle metoder knyttet til denne type bruk, gjerne gjennom egne prosjekter ved bruk av både Lidardata og andre fjernmålingsteknikker. Dette omfatter både å identifisere viktige naturegenskaper så vel som å bestemme linjeføringer og avgrensinger langs strukturer som er synlige i en eller flere av de aktuelle datakildene. Med utgangspunkt i slike kartutkast kan man tenke seg at kartleggingen ikke bare blir mer effektiv, men også mer presis både med hensyn på typifisering, beskrivelsessystem og avgrensing. Opp til i dag har det vært et problem at særlig naturtypeavgrensingen, så vel som detaljklassifiseringen varierer mye mellom ulike kartleggere. En mer systematisk tilnærming til bruk av eksisterende datakilder i forarbeidet til denne type kartlegging, kan trolig bidra til å forbedre denne situasjonen.

7 Strategi for nasjonal dekning

Spørsmål om oppløsning når man skal bestille Lidar-data er utfordrende, særlig når det er snakk om å dekke store arealer. Nå skal hele Norge dekkes, og spørsmålet er om man kan greie seg med en 2 punkt/m² oppløsning eller bør ha en 5 punkt/km² oppløsning for hele Norge eller i utvalgte områder. Vurderingen er knyttet til to hovedspørsmål:

- Faglig behov
- Økonomi

En Lidarmåling samler inn data som en punktsky som fremkommer som reflekterte signaler, når lasersignaler sendes mot bakken fra et fly. Signalet kan reflekteres fra bakken, fra bygninger eller andre menneskeskapte konstruksjoner og fra ulike lag i vegetasjonen. Dette er både Lidarens styrke, men også til en viss grad dens svakhet. Særlig i områder med mye infrastruktur vil signalene fra hus etc. bli så omfattende at det kan være vanskelig å få frem data om naturforhold. Det er også kjent at det kan være problemer med signalene i bratt terreng. På den annen side er signalene godt egnet til å detektere nye naturinngrep som endrer bakkens form. Lidardata brukes intensivt, særlig i skogbruket fordi forskjellen mellom bakkesignaler og trekronesignaler gir grunn for å beregne trehøyde, biomasse mm.

Oppløsningstallene som oppgis kan være litt misvisende. De er uttrykk for et gjennomsnitt. Punktene reflekteres i et ujevnt, nær lineært mønster, som gjør at det opptrer hull i datadekningen som kan være et par ganger større enn det oppløsningen indikerer. Dette forsterkes ved at det normalt anvendes en algoritme som ikke aksepterer brå ujevnheter i signalet, fordi disse oppfattes som feil. Enkeltsteiner og knauser vil ofte bli visket bort hvis de er så små at de treffes bare av ett til to punkter. Største fordelene med et tett punktmønster er en tett dekning av punkter på bakken (gir grunnlag for å «se» små bakkestrukturer), samt større sannsynlighet for å se bakken mellom og under trær, samtidig som vegetasjonens høyde registreres i stor detalj. Ulempen er, ved siden av den økonomiske siden av saken, at datamengden som oppstår blir svært stor, og det er en utfordring å behandle disse på normalt pc-utstyr uten spesialkompetanse og spesiell programvare, selv når undersøkelsesområdet er begrenset.

Det understrekes at dette er skrevet ut fra begrenset, men praktisk brukererfaring, og for en mer teknisk vurdering av disse forhold trenger man å rådføre seg med teknisk ekspertise på feltet.

Det første spørsmålet som reiser seg for en vurdering av oppløsning, er hva målet med datasettet er. Skal det etableres en nasjonal høydemodell (bakkemodell) og i hvilken skala. Vår erfaring er at en 5-punkt oppløsning gir grunnlaget for en 1 meters høydemodell, mens en 2 punkt oppløsning gir grunnlag for en god 4-5 meters høydemodell i områder vi har arbeidet. Dette er delvis områder som er åpne, delvis med ganske tett skog. Vi har også påvist tidligere at en rekke terrengstrukturer vil være mulig å detektere selv med ganske grove terrengmodeller (opptil 50 m) med godt resultat så lenge grunnlaget er et godt Lidardatasett, gjerne med 2 punkt oppløsning. Dette er viktig for å vurdere bruksområdene for nasjonal høydedatabase. Denne vil trolig ikke ha en oppløsning bedre enn 5-10 meter. Hvis formålet er en nasjonal terrengmodell av denne karakteren bør derfor 2 punkt oppløsning være tilstrekkelig. Den vil være et sterkt redskap for forbedret landskapsanalyse og identifisering av en rekke egenskaper til nytte for modellering av naturtyper. På den annen side ser vi at effektive teknikker som er brukt i Kartverkets nye innsynsmodell gir grunnlag for å utnytte en høyere oppløsning på en svært effektiv måte. Automatiske algoritmer for gjenkjennelse av spesielle fenomener som vegetasjonshøyde, modellering av terrengstrukturer, gammel skog, m.m. er under utvikling og vil også gi grunnlag for å utnytte høyoppløselige data på en effektiv måte.

En 5 punkt oppløsning kan ut fra dagens situasjon for mange brukere nesten oppfattes som negativt fordi den gir mer tungregnete datamengder og produserer detaljer som fort kan oppfat-

tes som støy. I morgendagens situasjon med stadig utvikling og forbedring av teknikker for tolkning og innsyn vil verdien av høyoppløselige data øke slik som det er dokumentert i praktisk bruk knyttet til skog og skogbruk allerede i dag. Hvis det er avgjørende å få med seg slike merverdier som også omfatter mulighet til å få med seg svært detaljerte strukturer i terreng og generell vegetasjon utover skog, gjerne ved direkte bruk av punktsvermen som dataressurs, vil spørsmålet derfor stille seg annerledes. Da kan fort 2 punkt oppløsningen bli noe svak. Vi har ikke konkrete erfaringer på dette i og med at vi ikke har gjennomført konkrete tester, men vil tro at dette særlig gjelder ved behov for detaljert analyse av vegetasjonshøyde og biomasse, aldersstruktur på skog, død ved etc. Ved registrering av terrengstrukturer kan dette også være tilfelle, men det vil i de fleste tilfellene vær behov for samtidig å gjøre en mer storskala analyse for ikke å miste oversikten og knytte resultatene til viktige strukturer i terrenget som er relevante både på natur-systemnivå og landskapsnivå. Her er kanskje spørsmålet om 2 eller 5 punkt oppløsning ikke fullt så viktig.

NiN som er det sentrale systemet i Norge for naturtypeinformasjon, opererer på ulike skalaer. Landskapsnivået i NiN vil ha stor nytte av en terrengmodell med bedre kvalitet heldekkende over Norge så snart som råd. For modellering av natursystemer og grunnlaget for disse (lokale komplekse miljøvariable LKM) vil en slik høydemodell også være av stor betydning. En mer detaljert datamodell vil imidlertid også være svært nyttig, fordi natursystemene ofte styres av detaljer i topografi, vannstrøm og andre miljøforhold. Samtidig er vegetasjonsstruktur og også registrering av f.eks. liggende ved i skog viktige beskrivelsesvariable.

Avgjørende blir derfor avveining mellom nytte og kostnad. Vi vil tro at det er særlig aktuelt med 5 punkt oppløsning i spesielt definerte områder (for eksempel skog). Da er spørsmålet om synergien ved å få slike data samtidig, som en del av det nasjonale programmet, er så stor at det er fornuftig å legge det inn i programmet, fremfor å bestille mer detaljerte data separat der behovet er størst. Vi vil anbefale at man uansett setter i gang arbeid med metodeutvikling for analyse av Lidardata med ulik oppløsning for utvalg av viktige naturvariable både med hensyn på å få mest mulig detaljer ut av slike data, men også for å etablere gode bakkekalibreringer for dermed å utvikle kunnskapen om disse dataene og hvordan de kan utnyttes best mulig.

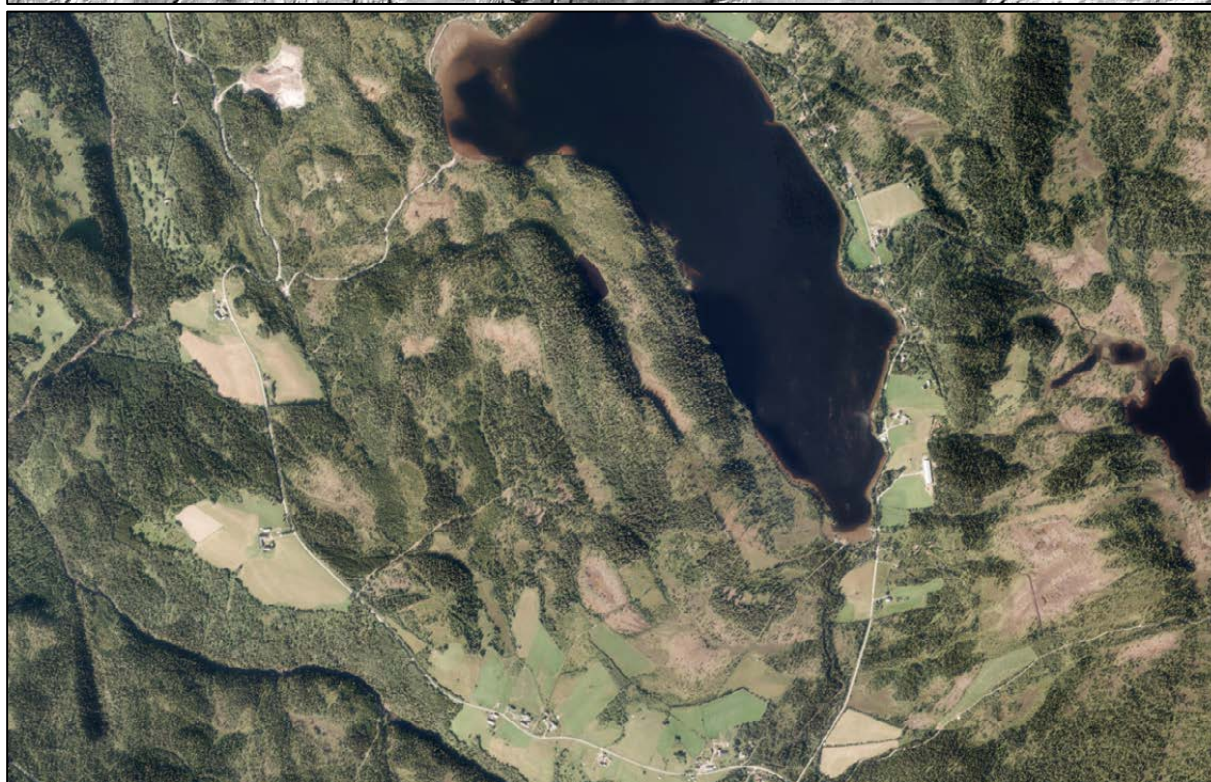
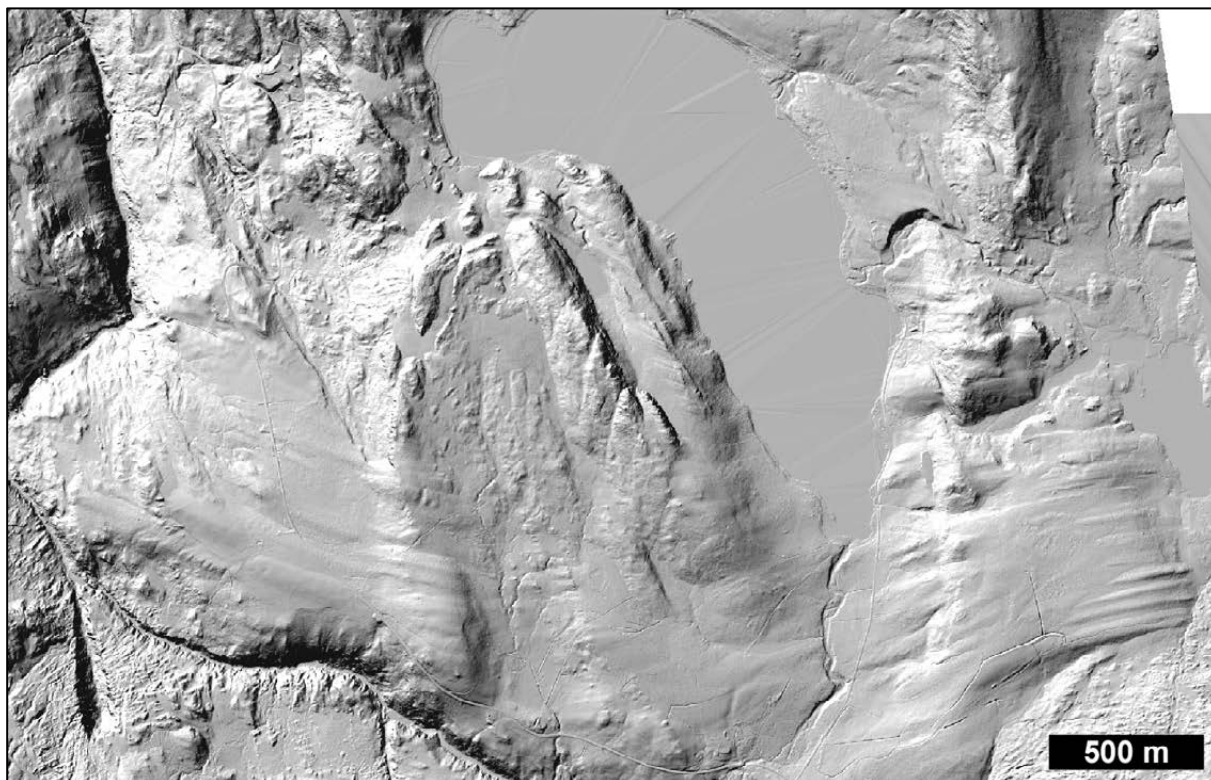
8 Referanser

- Bakkestuen, V. & Erikstad, L. 2017. Utvalgte naturtyper – nytteverdi av GIS-analyse - NINA Kortrapport 51. 16 s.
- Bollandsås, O.M., Gregoire, T.G., Næsset, E. & Øyen, B.-H. 2013. Detection of biomass change in a Norwegian mountain forest area using small footprint airborne laser scanner data. *Statistical Methods & Applications* 22: 113-129.
- Bollandsås, O.M.; Hanssen, K.H.; Marthiniussen, S. & Næsset, E. 2008. Measures of spatial forest structure derived from airborne laser data are associated with natural regeneration patterns in an uneven-aged spruce forest. *Forest Ecology and Management* 255, 953–961
- Eldegard, K.; Dirksen, J.W.; Ørka, H.O.; Halvorsen, R.; Næsset, E. Gobakken, T. & Ohlson, M. 2014. Modelling bird richness and bird species presence in a boreal forest reserve using airborne laserscanning. and aerial images, *Bird Study*, 61:2, 204-219
- Erikstad 2011. Strandlinjer ved Skyggestein massetak – grunnlag for å fastsette reguleringsgrense - NINA Minirapport 353. 11 s.
- Erikstad, L., Bakkestuen, V., Bekkby, T. & Halvorsen, R. 2013. Impact of scale and quality of digital terrain models on predictability of seabed terrain types. *Marine Geodesy* 2013 ;Volum 36.(1) s. 2-21
- Erikstad, L., Halvorsen, R., Moen, A., Andersen, T., Blom, H.H., Elvebakk, A., Elven, R., Gaarder, G., Mortensen, P.B., Norderhaug, A., Nygaard, K., Thorsnes, T. & Ødegaard, F. 2009. [Naturtyper i Norge - Inndeling på landskapsdel-nivå](#). - Naturtyper i Norge Bakgrunnsdokument 12: 1-52. Artsdatabanken, Trondheim.
- Gallay, M. 2013. Direct Acquisition of Data: Airborne laser scanning. I: Cook, S.J., Clarke, L.E. & Nield, J.M. (Eds.) *Geomorphological Techniques (Online Edition)*. British Society for Geomorphology; London, UK.
- Gobakken, T., Næsset, E., Nelson, R., Bollandsås, O.M., Gregoire, T.G., Ståhl, G., Holm, S., Ørka, H.O. & Astrup, R. 2012. Estimating biomass in Hedmark County, Norway using national forest inventory field plots and airborne laser scanning. *Remote Sensing of Environment* 123: 443-456.
- Gustavsen, L. Paasche, K. & Risbøl, O. 2013. Arkeologiske undersøkelser. En vurdering av nyere avanserte arkeologiske registreringsmetoder i forbindelse med vegutbyggingsprosjekter. Statens vegvesens rapporter Nr 192, 75s.
- Hagen, D. & Erikstad, L. 2007. Terrengtilpasning og restaurering ved opprusting av anleggsveg til Elgsjøen, Oppdal kommune. – NINA Rapport 303. 30 s.
- Halvorsen, R., Bryn, A., Erikstad, L. & Lindgaard, A. 2015. Natur i Norge - NiN. Versjon 2.0.0. Artsdatabanken, Trondheim.
- Hauglin, M., Dibdiakova, J., Gobakken, T. & Næsset, E. 2013. Estimating single-tree branch biomass of Norway spruce by airborne laser scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 79: 147-156
- Kartverket, 2014. TopoBaty 2014 Eit pilotprosjekt om datainnsamling med grønn laser i kystsona. <http://www.kartverket.no/globalassets/kart/topobaty-2014/rapport-topobaty2014.pdf>
- Lindgaard, A. og Henriksen, S. (red.) 2011. Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken, Trondheim.
- Lone, K.; Loe, L.E.; Godbakken, T.; Linnell, J.C.; Remmen, J. & Mysterud, A. 2014. Living and dying in a multi-predator landscape of fear: roe deer are squeezed by contrasting pattern of predator risk imposed by lynx and humans. *Oikos* 123, 641-651.
- Maltamo, M., Næsset, E., and Vauhkonen, J. 2014. *Forestry applications of airborne laser scanning*. Springer Netherlands, Dordrecht.

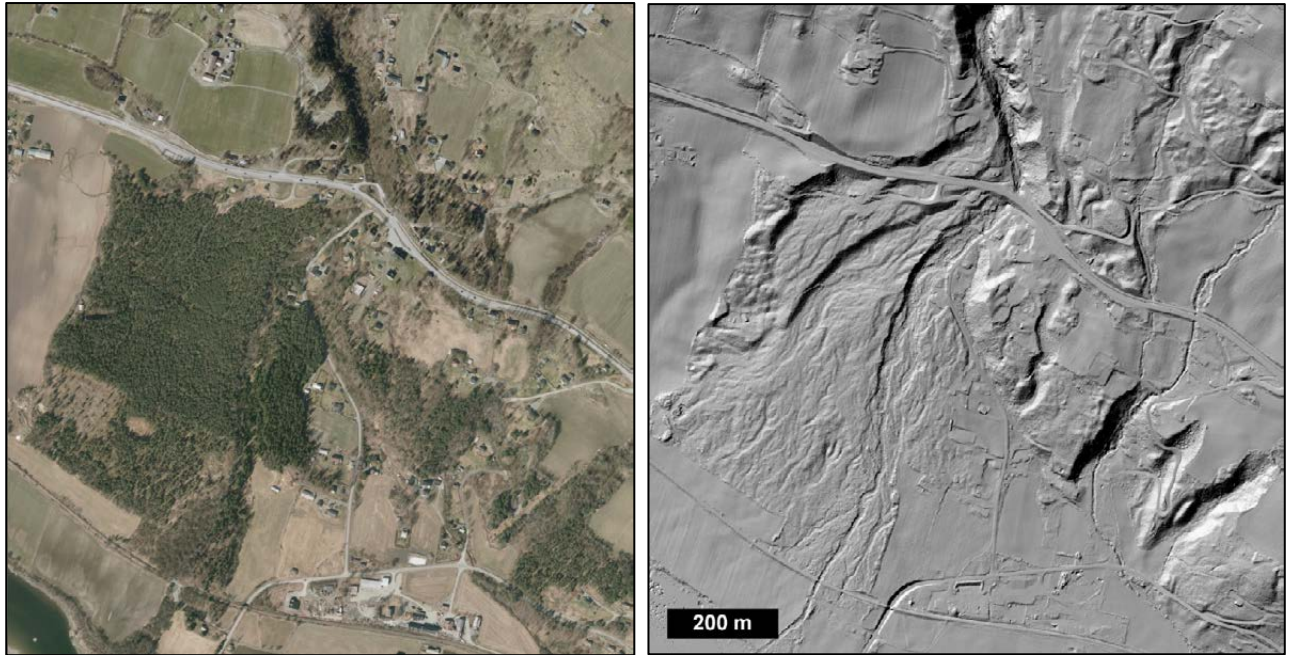
- Moi, F.; Bekkby, T. & Dolan, M. 2016. Laserkartlegging av naturtyper. TopoBaty Notat, HI, NIVA, NGU, 37s.
- Nyström, M., Holmgren, J. and Olsson, H., 2010. The potential of airborne laser scanning for monitoring the subalpine birch forest ecotone. Proceeding of Silvilaser 2010. Freiburg, Germany, 14-17 September 2010.
- Risbøl, O. & Amundsen, H. R. 2011. Tilstandsanalyse og miljøovervåking av kulturminner og –miljøer langs regulerte vassdrag ved bruk av flybåren laserskanning. Viking, Norsk arkeologisk årbok, LXXIV, 279-304.
- Risbøl, O.; Stene, K. & Sætren, A. (red.).2011. Kultur og natur i Grimsdalen landskapsvernområde. Sluttrapport fra DYLAN-prosjektet. – NIKU Tema 38. 217 sider.
- Sverdrup-Thygeson, A.; Ørka, H. O.; Gobakken, T. & Næsset, E. 2016. Can airborne laser scanning assist in mapping and monitoring natural forests? *Forest Ecology and Management* 369, 116–125
- Tulldahl, H. M., & Wikström, S.A. "Classification of aquatic macrovegetation and substrates with airborne lidar." *Remote Sensing of Environment* 121 (2012): 347-357.
- Ullerud, H.A., Bryn, A & Klanderud, K. 2016. Distribution modelling of vegetation types in the boreal–alpine ecotone. *Applied Vegetation Science* Doi: 10.1111/avsc.12236, 1-13
- Vauhkonen, J., Ene, L., Gupta, S., Heinzl, J., Holmgren, J., Pitkänen, J., Solberg, S., Wang, Y., Weinacker, H., Hauglin, K.M., Lien, V., Packalén, P., Gobakken, T., Koch, B., Næsset, E., Tokola, T. & Maltamo, M. 2012. Comparative testing of single-tree detection algorithms under different types of forest. *Forestry* 85: 27-40.

Vedlegg

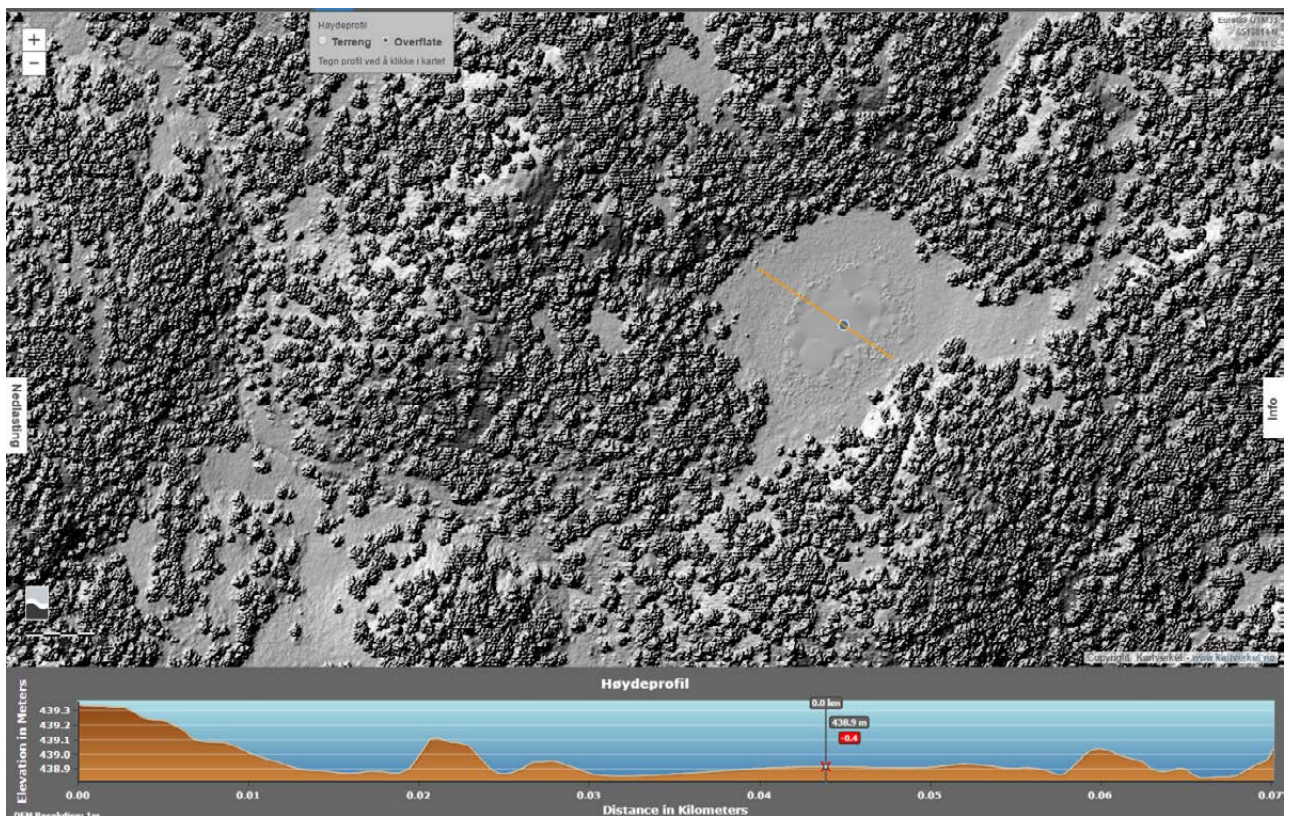
A - Utfyllende eksempler på enkel bruk av Lidardata



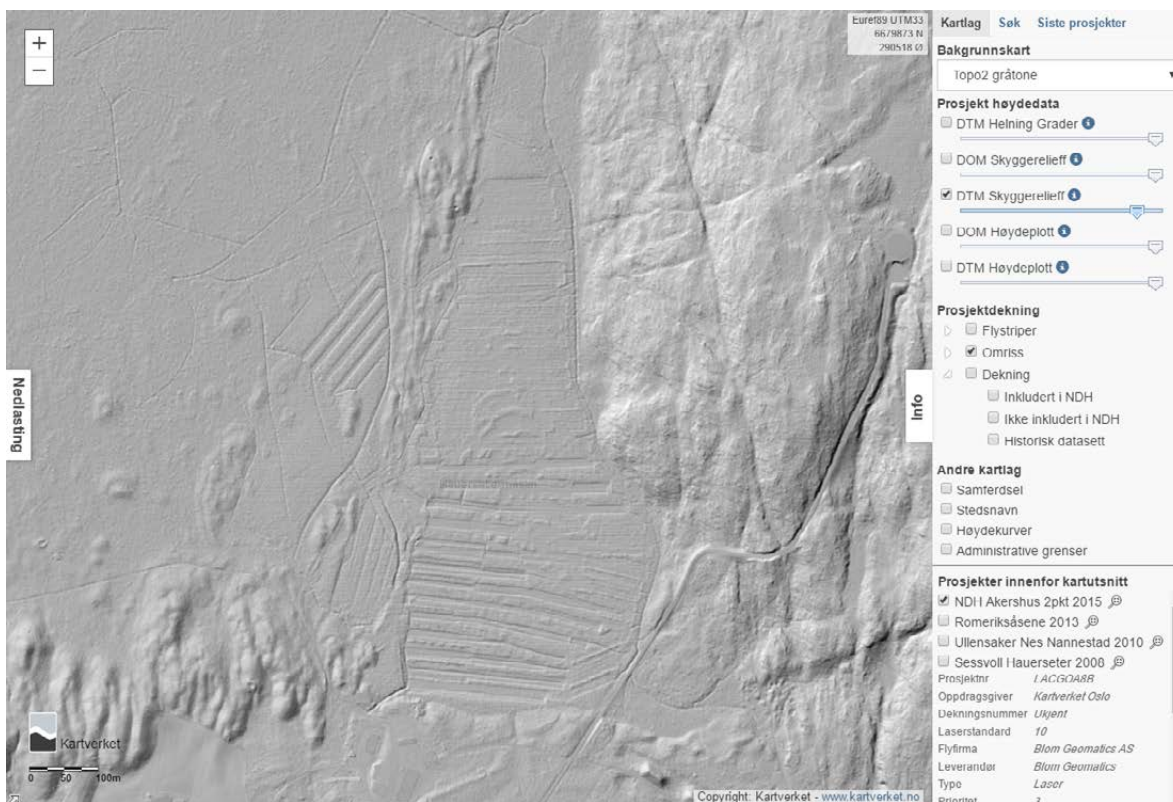
Myke overflater består som regel av soner av løsmasser, mens mer knudrete terreng er berg. Stripene i løsmassene som ses her er knyttet til isbevegelsesretningen da løsmassene ble avsatt. Legg merke til hvor mye vanskeligere det er å tolke morenedekket på flyfoto. Like Sør for Støren, Sør-Trøndelag. Illustrasjon fra Fredrik Høgaas, NGU



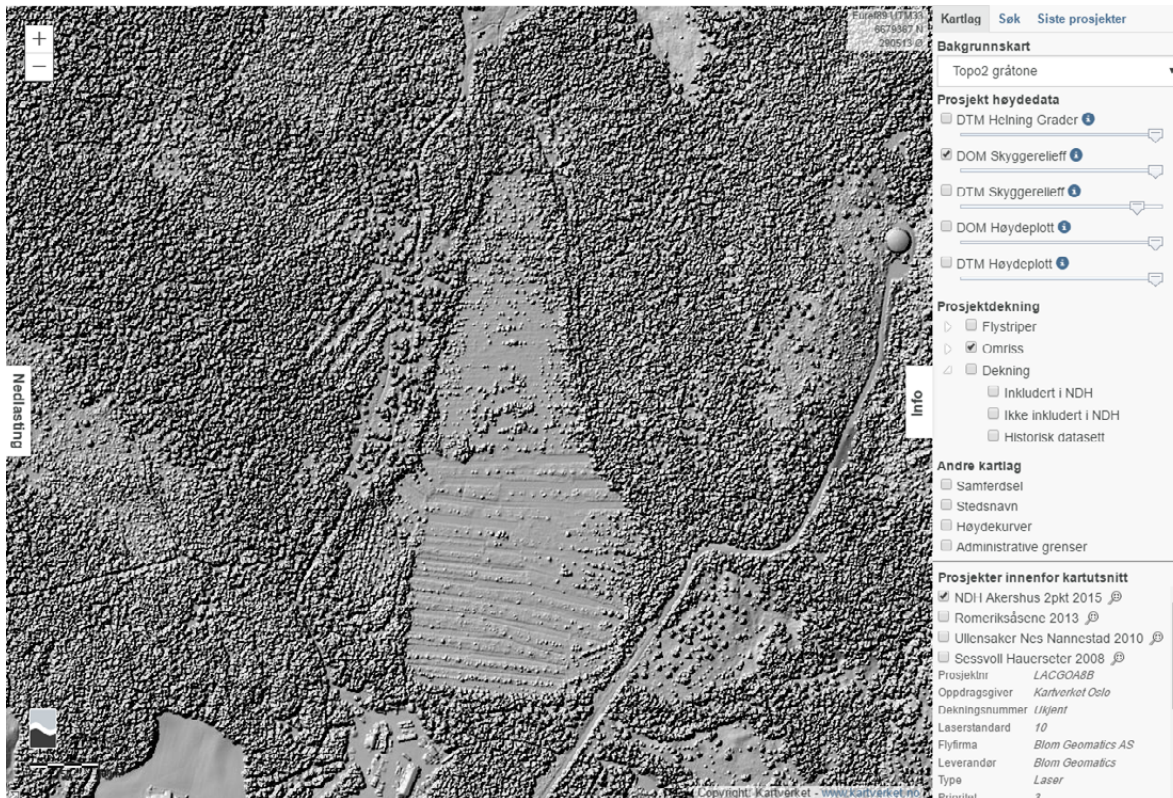
Auglas vifte mellom Harpefoss og Hundorp i Gudbrandsdalen. Legg merke til i hvor stor detalj elveløpsmønsteret kommer frem på lidarbildet i sammenligning med flyfoto. Illustrasjon fra Fredrik Høgaas, NGU

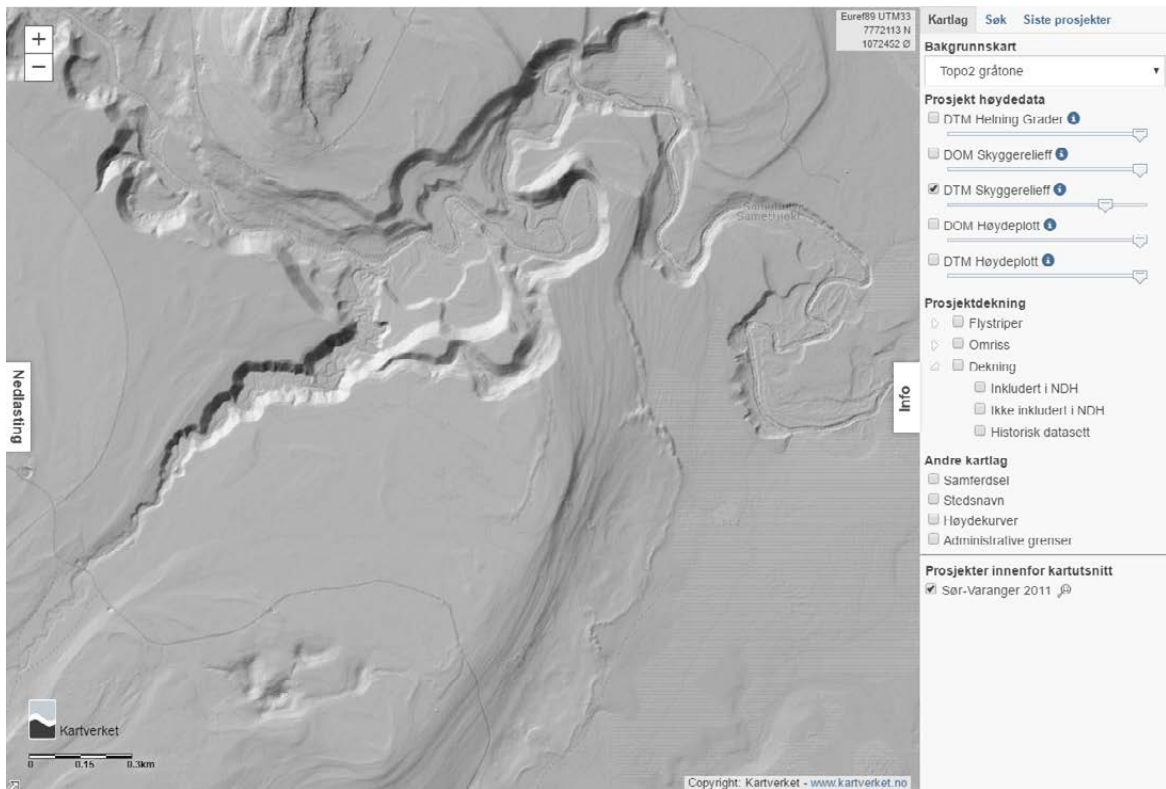


Tverrprofil over liten myr ved Knaben i Vest-Agder. Legg merke til høydeskalaen i profilet over myra som er på en desimeter og viser i hvor stor detalj myrtopografien kan studeres.

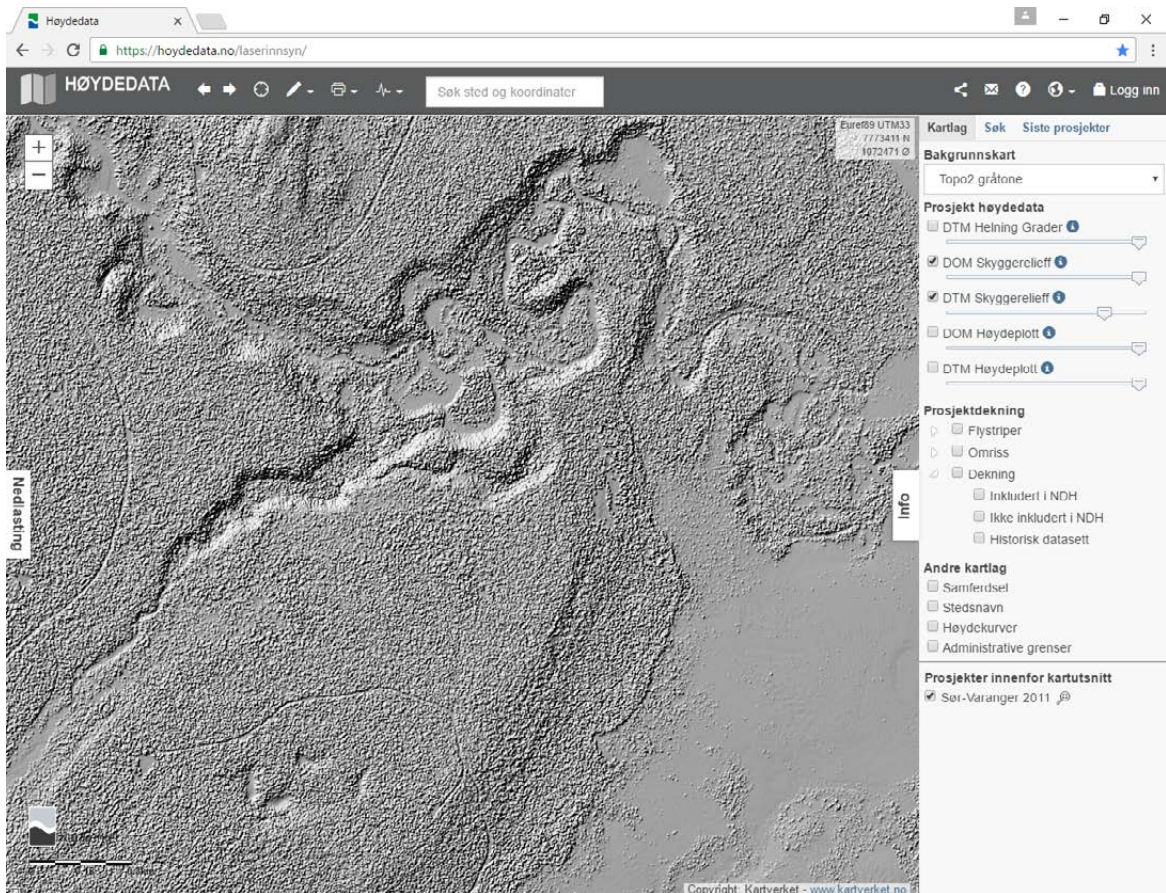


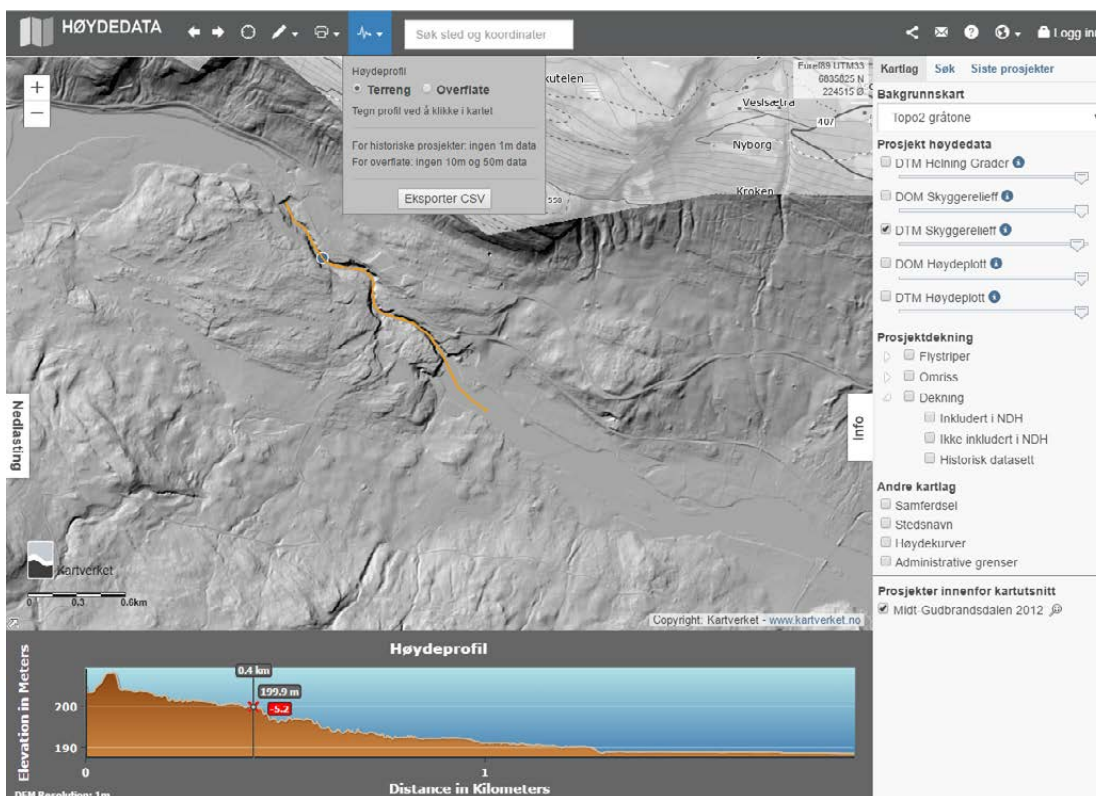
Torvtak og grøfting på Hauer setermosan nær Gardermoen i Akershus. Inngrepene kan studeres i stor detalj selv i områder med vegetasjon. Se også **figur 6** for sammenligning og analyse av trehøyde. Under samme utsnitt men her med vegetasjon (DOM)



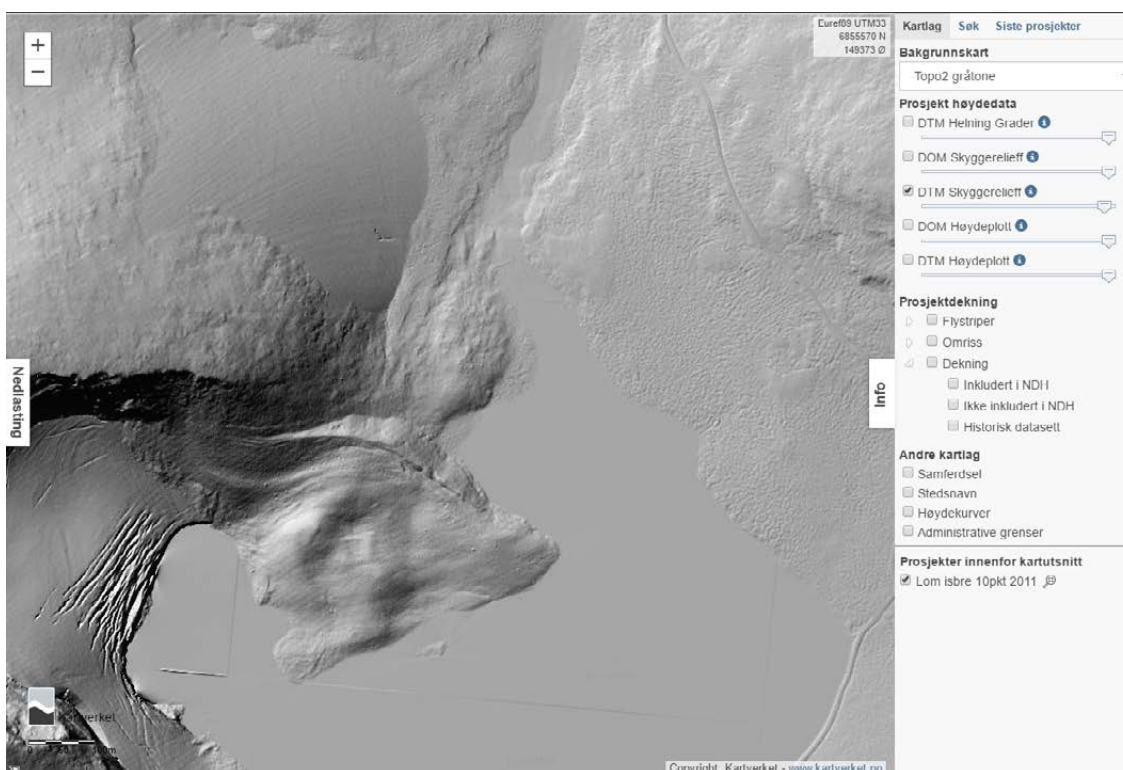


Breelvvavsetning ved Samettijokki i Sør-Varanger, Finnmark. Legg merke til strandvoller i skrånningen ut mot myrlandskapet i øst og elvenes og bekkenes erosjonsformer i avsetningen i de nordlige delene av kartutsnittet. Under samme område med vegetasjon (DOM).





Tverrprofil gjennom Harpefossen i Gudbrandsdalslågen, Oppland. Profilet går fra demningen i nordvest til slakere elveløp i sørøst.

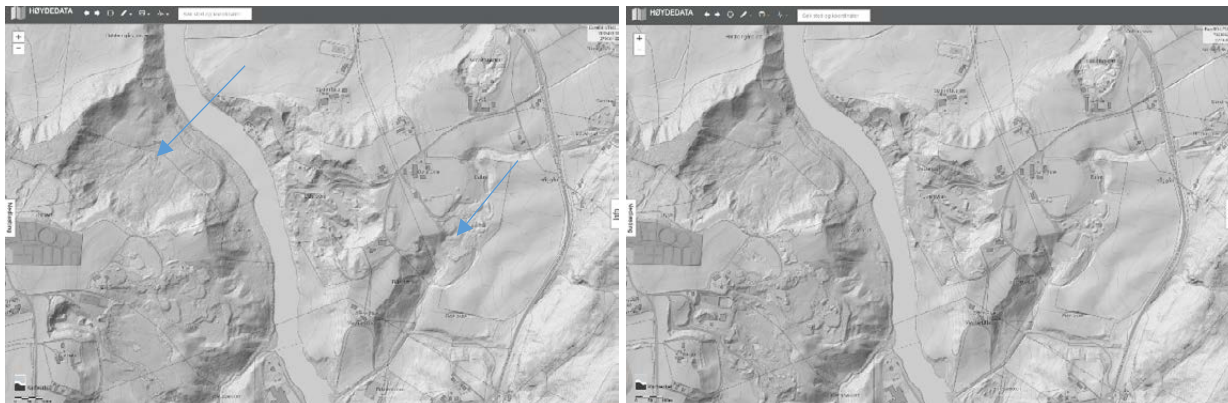


Små breer vest for Juvvannet ved Juvasshytta i Lom, Oppland. I nordvest bilveien opp til Juvasshytta og isoppfrysingsmark med polygoner som synes tydelig i dette høyoppløselige data-settet.

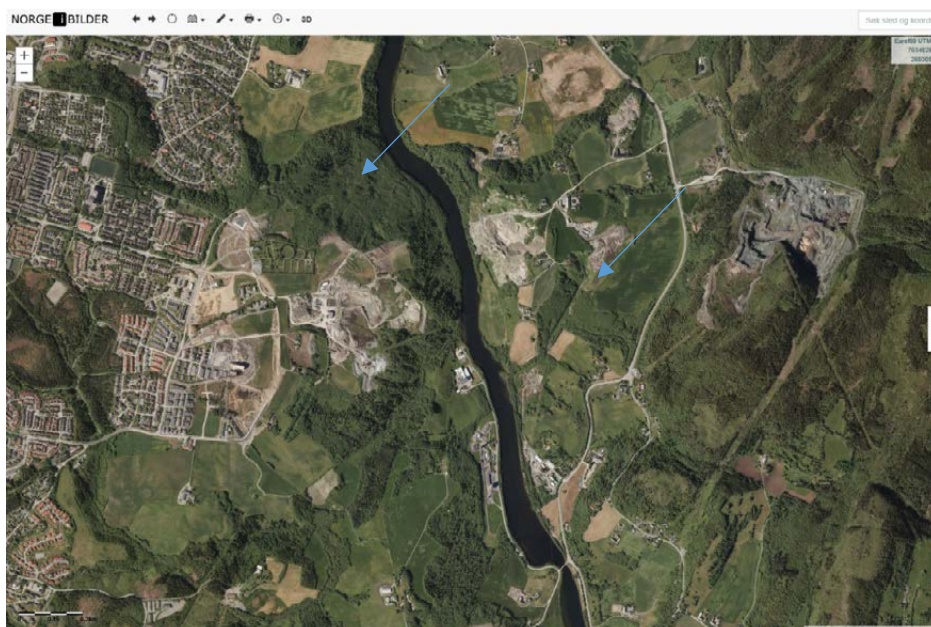
B - Test ved bruk av Lidar innsynsløsning fra fire ulike områder

B.1 Kulturlandskap i leirterreng ved Tiller i Trondheim

Området ligger rett øst for Nidelven og er et typisk leirterreng med raviner og leirskredgroper. Det finnes også grustak og steinbrudd. Området er oppdyrket og kan karakteriseres som et typisk kulturlandskap i leirterreng. Trondheims tettbebyggelse er i ferd med å spise seg inn i området fra vest. Figurene viser flyfoto over en del av området og terrengmodeller (skyggerelieff) med utgangspunkt i laseropptak med to ulike punkttettheter (2 punkt og 5 punkt).



Lidaropptak fra området (2 punkt til venstre, 5 punkt til høyre) De to blå pilene viser henholdsvis en stor leirskredgrop til venstre og et ravinesystem til høyre.

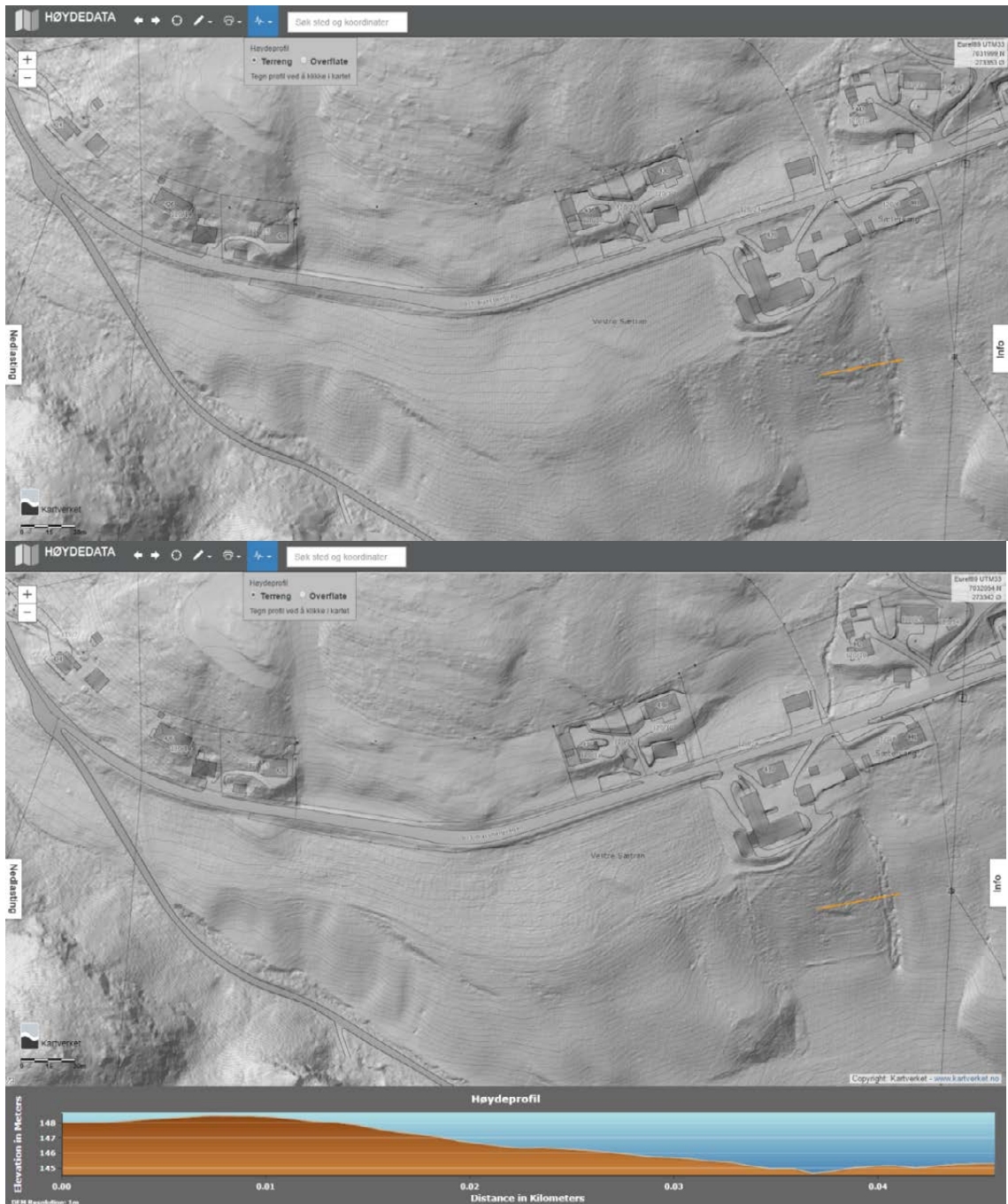


Ortofoto over området ved Tiller. (Norge i Bilder). De to blå pilene peker på samme leirskredgrop og ravine.

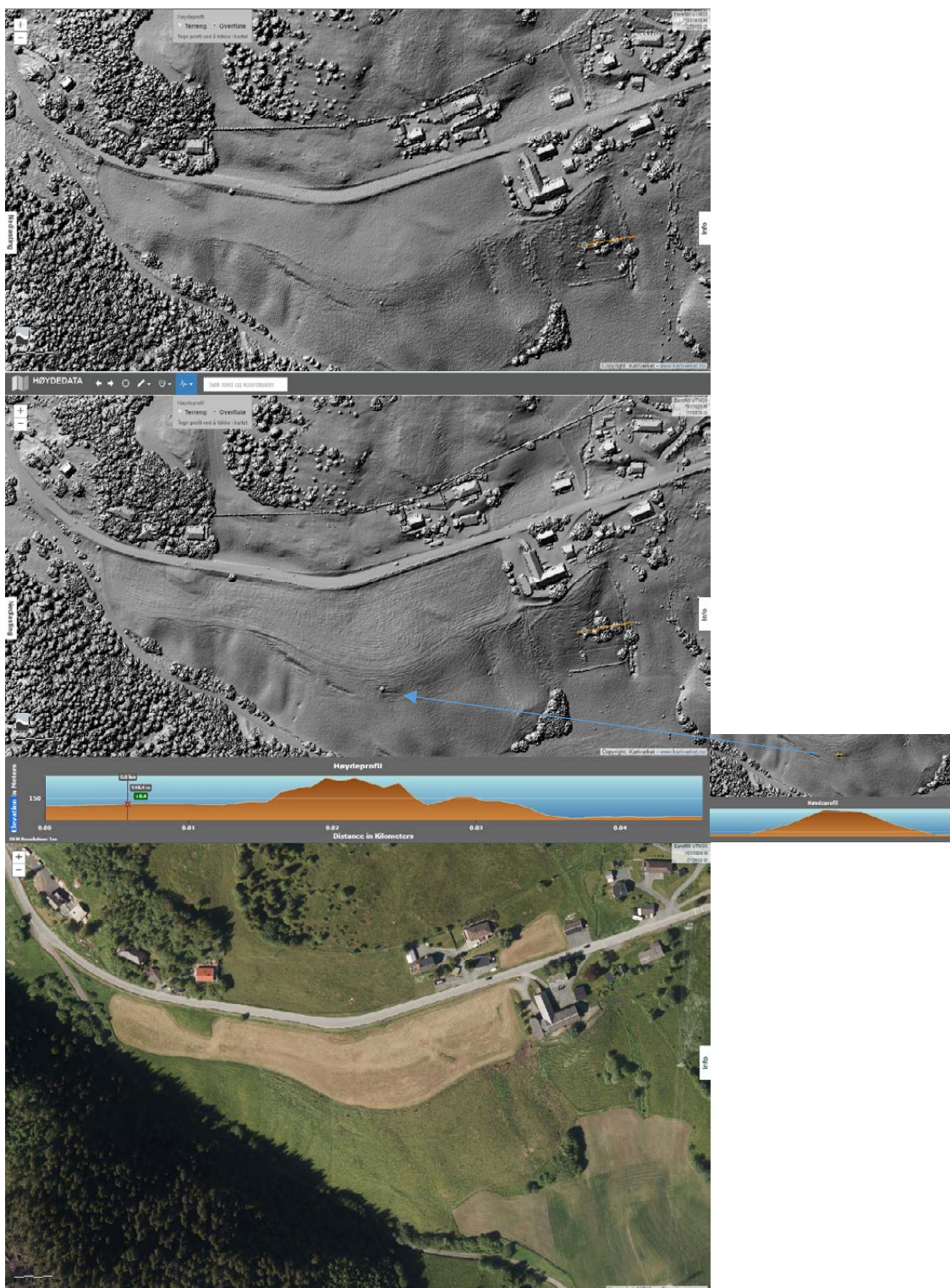
Flyfotoet viser at deler av området er i ferd med å gro igjen. Ved å sammenligne terrengmodellen med flyfoto ser vi at en lidarbasert terrengmodell har stor kapasitet til nøyaktig måling av terrengstrukturer selv der disse er skjult av trær. Legg spesielt merke til den store rasgropen oppe til venstre i kartutsnittet små raviner, f.eks. nede til høyre i kartutsnittet (markert med piler på kartet til venstre). Vegetasjonen kommer tydelig frem hvis man i lidarmodellen tar med alle returer (ikke bare fra bakkenvå). I denne skalaen er det ikke lett å se vesentlige forskjeller mellom de to lidarmodellene. Vi har derfor gjort et par andre utsnitt fra de samme datasettene som begge er lokalisert rett øst for området over.



Samme område noe forstørret med utgangspunkt i overflatemodellen der vegetasjonen synes. I denne skalaen ser vi at ravinen er sterkt påvirket av inngrep, men det er ikke lett å se forskjell på 2 punkt (øverst) og 5 punkt (nederst).



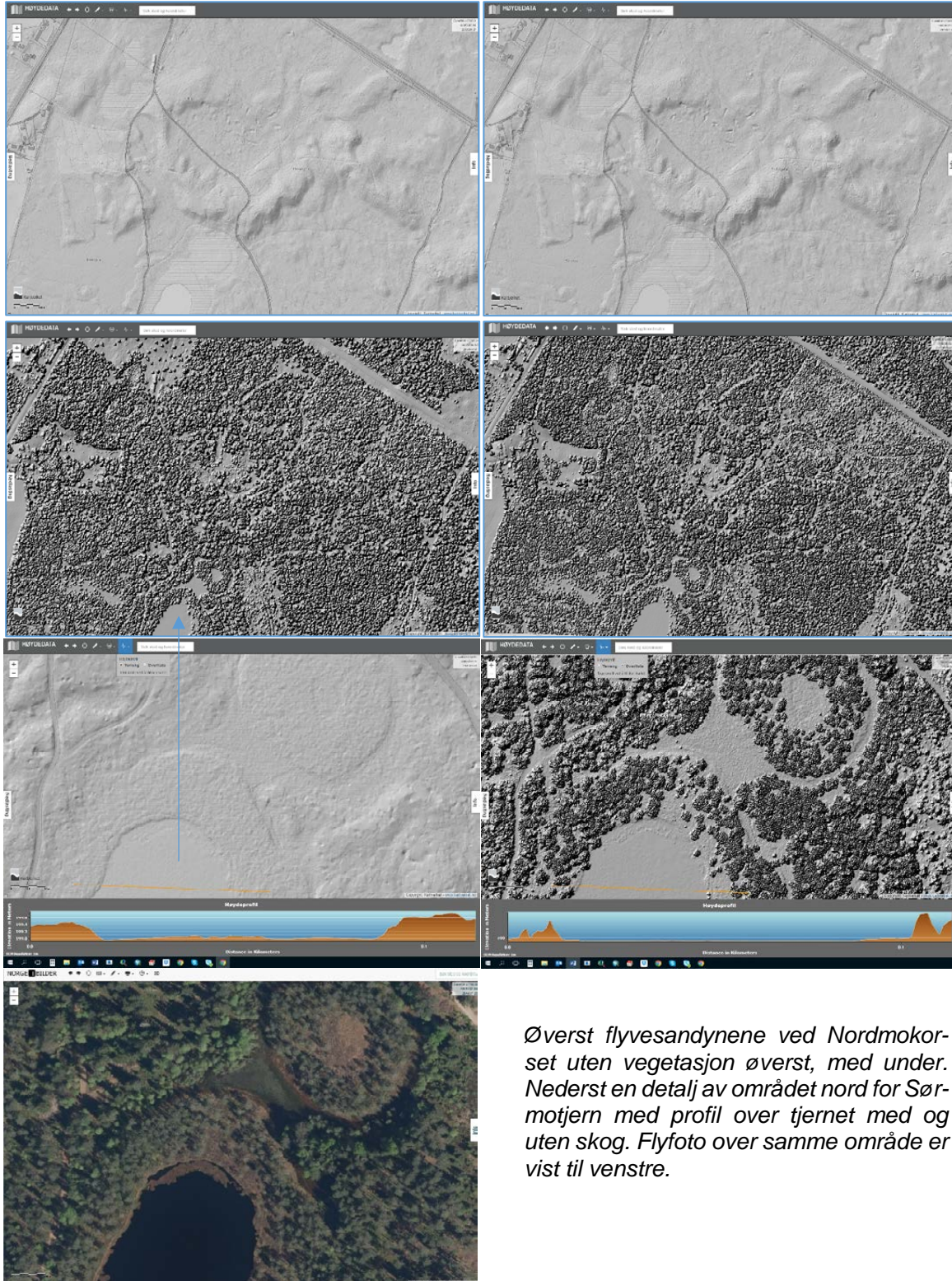
Detaljert skyggekart fra Tiller-området. Fem punkters tetthet øverst, to punkter nederst. Legg merke til en økt detaljgrad i nederste kartutsnitt knyttet til høyere punktthet som særlig blir synlig når man ser på fine strukturer i skråningen over dyrket mark. Figuren viser også et terrengprofil langs med skråningen under bebyggelsen (orange strek).



Detaljert skyggekart fra Tiller-området, alle punkter ikke bare bakkepunktene. De to profilene viser direkte mulighet til å måle høyden på bl.a. vegetasjon. To punkter tettst øverst, fem punkter nederst. Legg merke til en økt detaljgrad i nederste kartutsnitt knyttet til høyere punkt-tetthet. Denne detaljeringen er nyttig for å se strukturen i terrengoverflaten, her litt ujevn og ganske typisk for beite. Legg også merke til at dette elementet er lett tolkbart i flyfoto (nederst) som er hentet inn fra Norge Digitalt.

B.2 Slettelandskap på sand og grus mellom Nordmokorset og Sørmotjern, Gardermoen

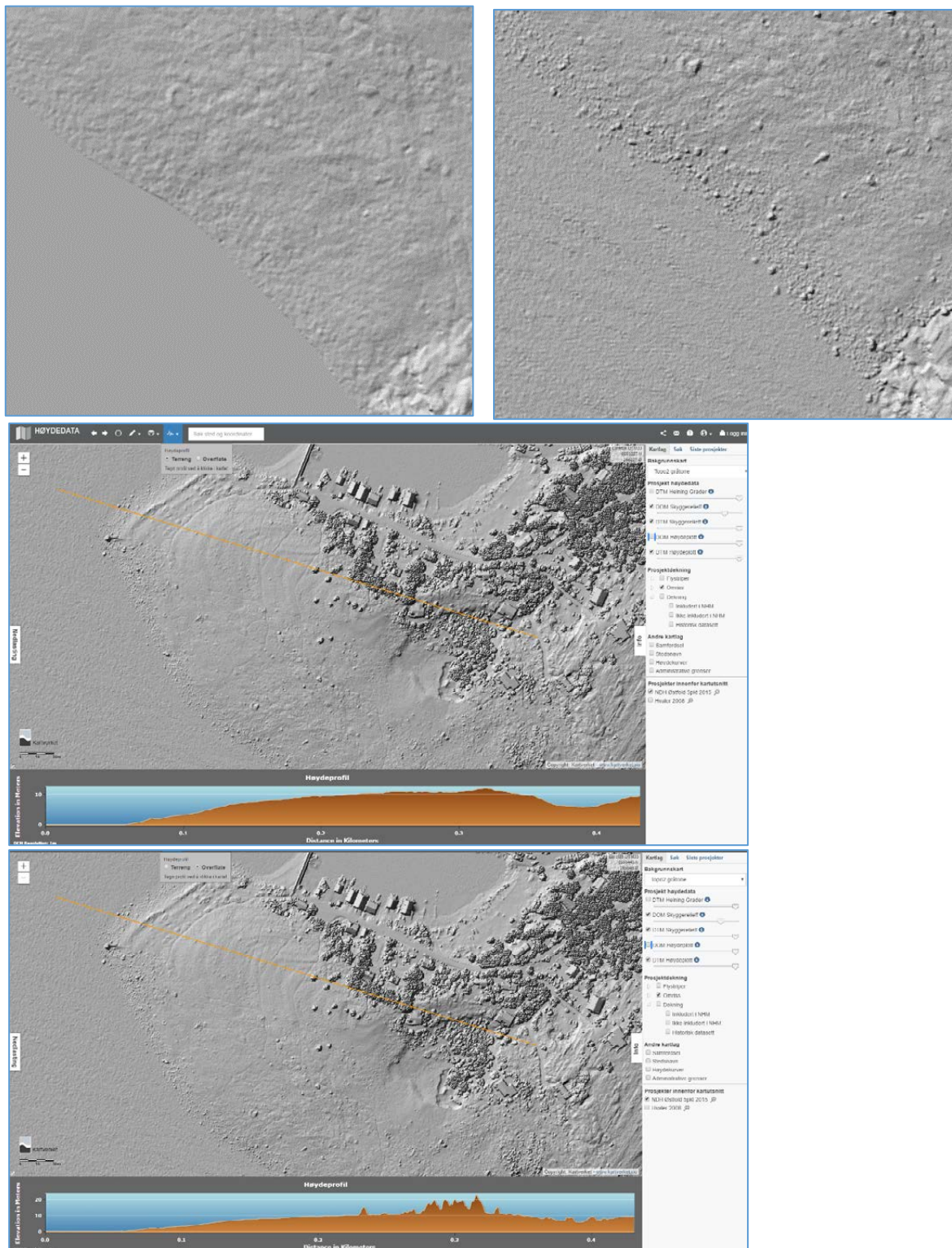
Området ligger rett nordvest for Oslo Lufthavn Gardermoen. Opptaket Romeriksåsene 2013, 0,7 punkt til venstre, Nannestad 2007 2 punkt til høyre. Området preges av skogsmark på store fossile sanddynene, med en rekke arr etter tidligere militær øvingsvirksomhet.



Øverst flyvesanddynene ved Nordmokorset uten vegetasjon øverst, med under. Nederst en detalj av området nord for Sørmotjern med profil over tjernet med og uten skog. Flyfoto over samme område er vist til venstre.

B.3 Kystlandskap ved Brattestø, Hvaler

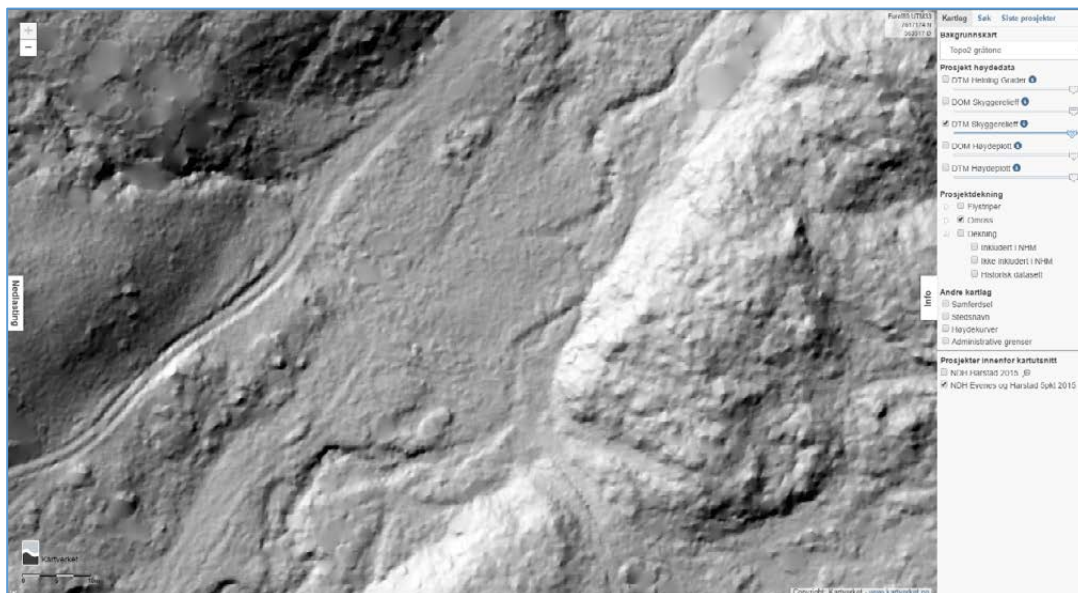
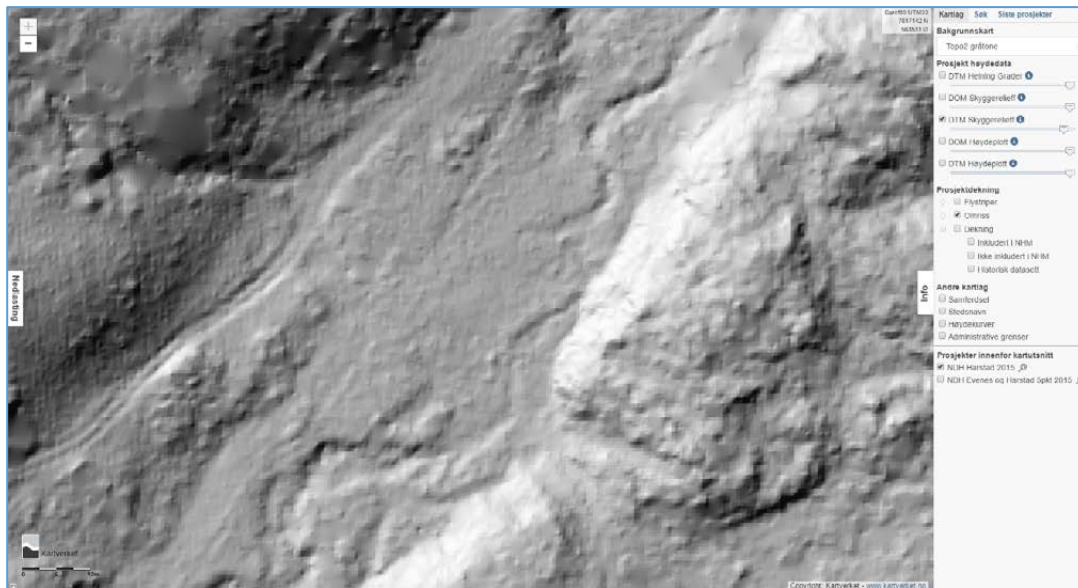
Lite utsnitt av blokkstranda ved Brattestø. Samme området som er vist i **figur 10** og **14**. opptaket Hvaler 2008 0,7 punkttetthet til venstre, NDH Østfold 5 punkt 2015 til høyre. Underst profil gjennom deler av området med og uten vegetasjon. Øverst ses forskjellen mellom 5 punkt og 1 punkt data når det gjelder enkeltsteiner på blokkstranda (**se figur 10**)



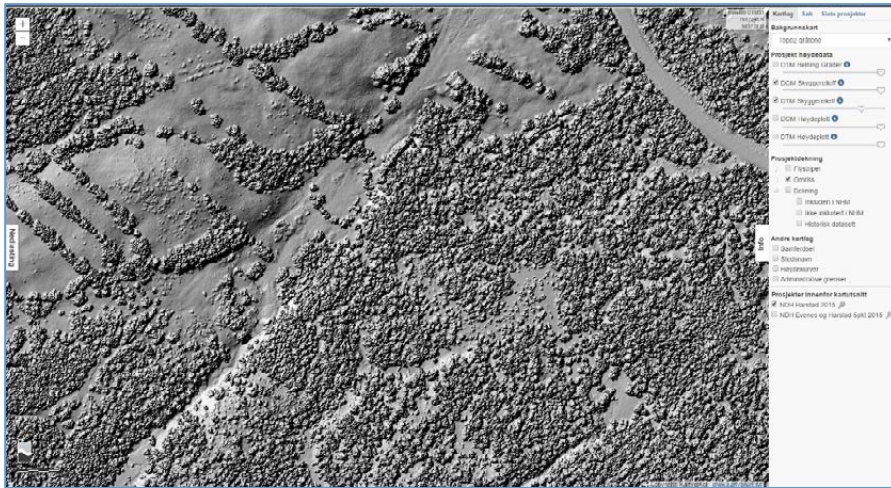
B.4 Kulturlandskap ved Fauskevåg, Harstad

Området ligger sør for Fauskevåg, sørøst for Harstad i Troms. En liten bekkedal skjærer gjennom området som er et kulturlandskap med jordbruksmark, myrer og skogsmark. Det minst detaljerte opptaket er Harstad, 2 punkt fra 2015 (øverst) og det mest detaljerte Evenes og Evenes og Harstad fra 2015 (under). På neste side et detaljert utsnitt for å demonstrer forskjellen tydeligere.





Forskjellen mellom 2 punkt data og fempunkt data kommer tydelig frem særlig i detaljutsnittene. Tolkingspotensialet basert på 2 punkt data er imidlertid fremdeles stort noe som kommer frem hvis man ser på bekkeløpet og den lille elvesletta sentralt i bildet.



Kombinasjonen mellom Terrengmodell, overflatemodell og flyfoto gir et utmerket grunnlag for å identifiser viktige naturforhold og naturstrukturer allerede før feltkartlegging starter.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3053-7

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger