

OPPLAND
fylkeskommune

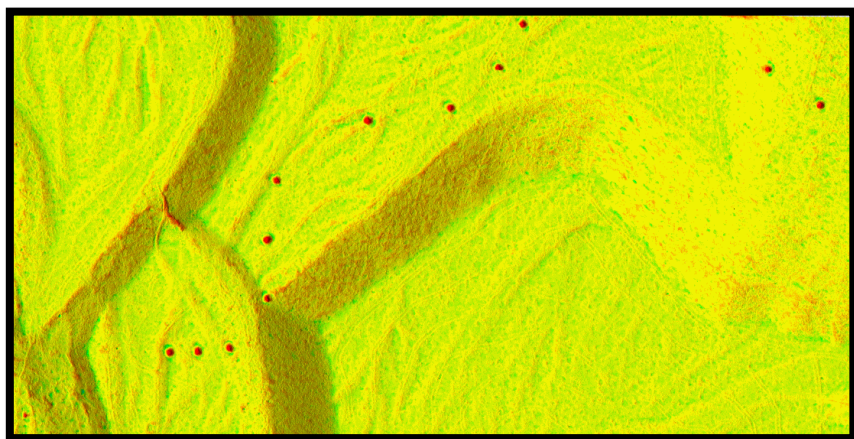


OPPTAKT –

FoU delprosjekt: Utredning av egnethet av HD-lidarkartlegging som arbeidsverktøy i kulturminneforvaltningen

Lars Pilø

Kulturhistoriske skrifter 2013 / 1
Oppland Fylkeskommune, Lillehammer



FORORD

Tilgangen til høyoppløselige (HD) lidardata er i ferd med å forandre forvaltningen og utforskningen av arkeologiske kulturminner både i Norge og internasjonalt. Vi står etter alle solemerker å dømme foran en revolusjon innen kartlegging av kulturminner. Oppland fylkeskommune er kommet lengst i arbeidet med implementere bruk av HD-lidardata i Norge. Erfaringen fra dette arbeid og en analyse av i hvilken grad disse erfaringene er relevante også for andre deler av landet utgjør innholdet i denne FoU-rapporten.

Jeg vil gjerne rette en takk til Riksantikvaren for å innvilget FoU-søknaden og for å ha vist stor interesse for vårt arbeid. Takk går også til Riksantikvarens fjernmålingsprogram som har bidratt til en vellykket gjennomføring på vesentlige punkter.

Takk til Kartverket på Hamar som gjennom Geovekstprosjekter har muliggjort gjennomføringen av storskala HD-lidarskanninger, både praktisk og økonomisk. Takk også til Kartverket i Møre og Romsdal, Agder og Akershus for å ha bidratt med lidardata til analyse.

Takk til Christer Tonning for generøst å ha lånt ut et flott lidarbilde fra Borre.

Takk til Ole Risbøl, Ole Tveiten og Kristoffer Dahle for å ha lest en tidligere versjon av denne rapporten og kommet med viktige kommentarer og innspill. De er selvfølgelig helt uten ansvar for feil og mangler som måtte finnes i den foreliggende rapporten. Det ansvaret bæres av forfatteren alene.

Til sist vil jeg rette en stor takk til Oppland fylkeskommune, politikere, administrasjon og kolleger, fordi de har støttet så helhjertet opp om OPPtakt-prosjektet. Det har muliggjort en storstilt satsing på lidarskanning og databearbeiding. Denne satsingen ligger bak den vesentlige forbedring i tjenesteyting til offentlige og private tiltakshavere som kulturarvenheten nå kan tilby. Samtidig får vi kartlagt Opplands historie i stor skala, ikke stykkevis og delt. Dette fører til at vi kan føre en forutsigbar, helhetlig og effektiv kulturminneforvaltning, basert på kunnskap. Det er et vesentlig steg fremover for forvaltningen av kulturminner her i fylket.

INNHold

SAMMENDRAG	9
1. INNLEDNING	11
2. LIDARSKANNINGENS ABC	13
3. PROSESSERING OG TILRETTELEGGING	19
4. HVILKE KULTURMINNETYPER KAN ERKJENNES PÅ HD-DTM?	22
5. OVERSIKT	23
6. PROGNOSE	25
7. PRIORITERING OG RESPONSTID	30
8. GEOMETRI	32
9. EFFEKTIVISERING AV REGISTRERING	33
10. VERDI AV HD-LIDARSKANNING FOR ANDRE GEOGRAFISKE OMRÅDER	35
11. STATUS FOR BRUK AV LIDARDATA I KULTURMINNEFORVALTNINGEN I NORGE	41
12. OPPSUMMERING OG DISKUSJON	42
13. REFERANSER	45
14. GRUNNLEGGENDE LIDARBEGREPER	47

SAMMENDRAG

Høyoppløst (HD) lidarskanning er et viktig nytt fjernmålingsverktøy i kulturminneforvaltningen, også her i Norge. Styrken ved lidarskanning kontra andre fjernmålingsmetoder er at den også kan brukes i skogkledte områder, noe optiske metoder (slik som satellittbilder og flyfoto) i liten grad kan. HD-lidarskanning har forholdsvis lav kostnad, og kan gjøres i samarbeid med andre parter, som trenger slike data til sine egne kartleggingsformål.

I denne rapporten beskrives grunnleggende forhold knyttet til innsamling og bruk av lidardata i kulturminneforvaltningen. Bruksområdene som behandles er stor-skala kartlegginger, kulturminneprogner, prioritering av saker, responstid, forbedring av kulturminners stedfesting og effektivisering av feltregistreringer.

I områder med mange synlige, men ikke kartlagte kulturminner er HD-lidarskanning et ypperlig kartleggingsverktøy. Dette gjelder for eksempel det indre Østlandet, hvor situasjonen er særlig prekær pga. utbygging og skogbruk som utgjør et press på disse kulturminnene. I områder med mange synlige og kartlagte kulturminner med dårlig stedfesting er HD-lidarskanning et godt og kostnadseffektivt verktøy til å forbedre geometrien, slik at den når den standard som er nødvendig i forbindelse med arealplanlegging. Dette gjelder store deler av jordbruksarealene og kyststrøkene i Norge. I områder med få eller vanskelig synlige kulturminner er HD-lidarkartlegging av mer begrenset verdi.

Storskala HD-lidarkartlegging av synlige kulturminner er et vesentlig moment i forhold til økt kvalitet på konsekvensutredninger. Slik kartlegging vil, hvis den gjentas med jevne mellomrom, også gi mulighet for større kontroll med endringsprosesser. Man vil kunne få utpekt områder hvor det har skjedd vesentlige topografiske endringer siden forrige lidarskanning og kunne sammenholde det med geografisk informasjon fra Askeladden. Kulturminnenes topografiske uttrykk blir

dessuten dokumentert ved skanningstidspunktet. Dette er viktig informasjon hvis det senere gjøres ulovlige inngrep i det skannede kulturminnet.

Skal lidardataene brukes i kulturminneforvaltningen bør lidarskanningen helst skje i et samarbeid med denne forvaltningen. Slik kan kulturminneforvaltningen påvirke skanningsarealet, punkttetthet, skanningstidspunkt og til og med kanskje prosesseringen. Utfordringen er at dersom en slik påvirkning skal få gjennomslag i prosjektprosessen er det helt nødvendig at kulturminneforvaltningen bidrar økonomisk.

Ved prioritering av områder for lidarkartlegging vil et viktig kriterie være at det foreligger eller antas å foreligge et visst antall synlige kulturminner innen et aktuelt område, og at disse kulturminnene er av en karakter som gjør det sannsynlig at de vil kunne erkjennes i HD-lidardata. Et annet kriterie vil være at det skjer vesentlige endringsprosesser innenfor et aktuelt område. Slike endringsprosesser kan være jordbruk, skogbruk, hyttebygging, veibygging osv. Å bruke mye ressurser til å skanne store nasjonalparker virker ikke hensiktsmessig, så lenge den økonomiske rammen er begrenset.

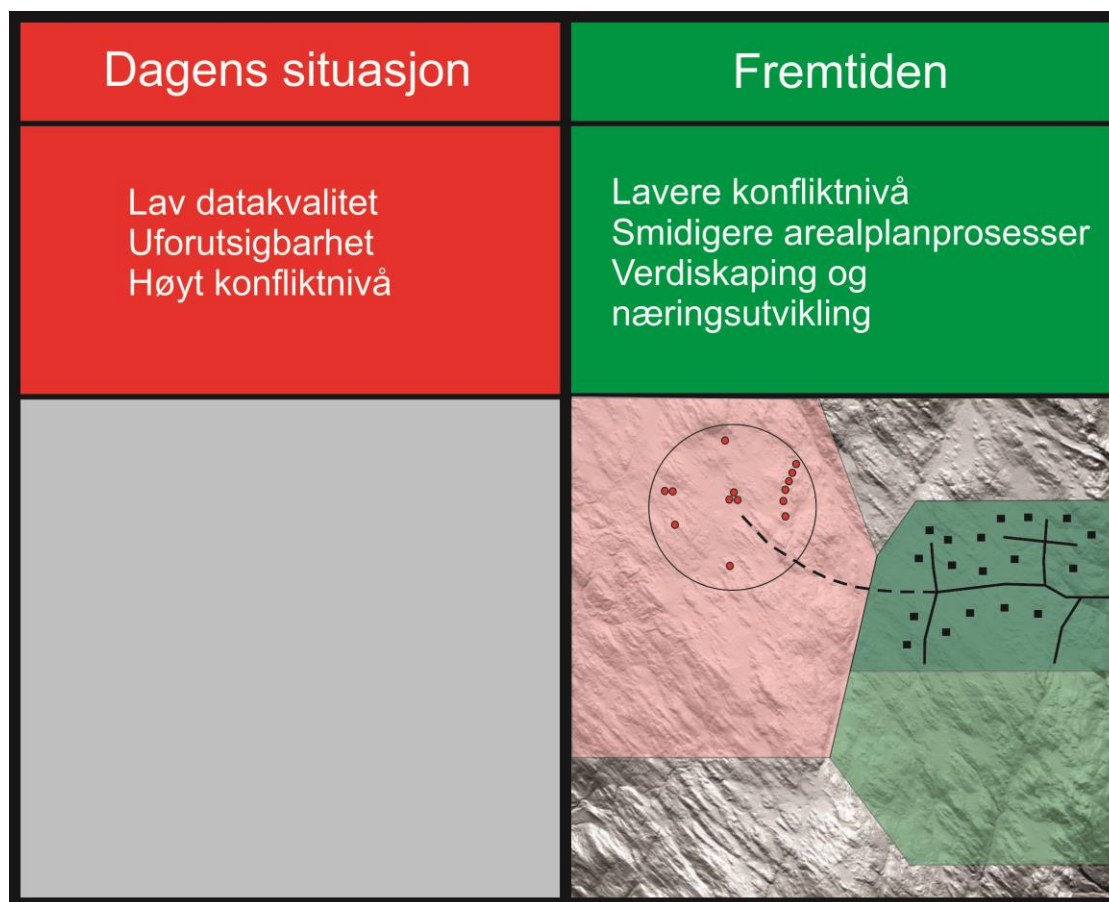
Det er pr. nå (2013) seks fylkeskommuner som arbeider aktivt med lidardata, mens slikt arbeid er under oppstart i flere fylkeskommuner. Lidardata vil i løpet av 2014 bli lett tilgjengelig for kulturminneforvaltningen gjennom en nasjonal forvaltningsløsning og bruken vil da sannsynligvis øke betydelig. Det blir viktig at det raskt utarbeides retningslinjer for god lidarpraksis i kulturminneforvaltningen, samtidig som det settes inn tiltak for å heve lidarkompetansen ute i fylkeskommunene.

1. INNLEDNING

Det er et eksplisitt mål for Riksantikvaren at kulturminneforvaltningen i Norge skal være tidlig og tydelig. Forvaltningen av arkeologiske kulturminner hviler imidlertid på et spinkelt datagrunnlag som vanskeliggjør oppnåelsen av dette målet. Kulturminnedata er ofte fraværende eller mangelfulle i utbyggingsområder. Følgelig oppdages kulturminnene vanligvis seint i planprosessenes forløp - i forbindelse med oppfyllelse av undersøkelsesplikt etter Kulturminnelovens § 9 ved områderegulering. Dette fører i mange tilfeller til konflikt og tap av kulturminner. Hadde kulturminnepopulasjonen i aktuelle utbyggingsområder vært kjent på forhånd og nøyaktig stedfestet, kunne mange av disse konfliktene vært unngått, og planprosessene ville vært mer smidige (se figur 1). Dette forutsetter imidlertid at en foretar en kartlegging av de arkeologiske kulturminnene i forkant av arealplanprosessene, ikke underveis

i prosessene. Ulempen ved en slik fremgangsmåte er at kostnadene ved tradisjonelle registreringer av kulturminner er høy. Kommunene er som arealplanmyndighet ikke lovpålagt å gjennomføre slike registreringer før på reguleringsplannivå. Slik forhåndskartlegging skjer følgelig i svært liten grad.

Et konkret eksempel: På 1990-tallet ble det anlagt et nytt hyttefelt nordøst for Gålåvatnet i Sør-Fron kommune i Oppland. Først da reguleringsplanprosessen var godt i gang ble det oppdaget at et fangstsystem for elg gikk rett gjennom området. Dette førte til betydelige problemer i planprosessen, og endte med at de enkelte fangstgroper ble bevart som enkeltobjekter inne mellom hyttene – en lite gunstig løsning. Hadde man visst om dette fangstsystemet og øvrige kulturminner i området på forhånd kunne hyttefeltet vært flyttet 300 m mot vest, til et område hvor det ikke er kulturminner (se kapittel 6 for hvordan HD-lidarkartlegging ved Gålåvatnet har ført til en langt mer forutsigbar situasjon i dag).



Figur 1. Kontrasten mellom dagens kulturminneforvaltning og en tenkt fremtidig kulturminneforvaltning, hvor man har oversikt over forekomsten av kulturminner i forkant av planprosessene. Da kan utbygging skje i områder med få kulturminner, og viktige kulturmiljø bevares – ideelt sett.

Dette er problemet i et nøtteskall: Alle parter ville tjene på en forhåndskartlegging av kulturminner, slik at forvaltningen av arkeologiske kulturminner kan skje på et faglig trygt og forutsigbart grunnlag. Slik praktiseringen av kulturminneloven fungerer i dag legges det ikke opp til slike forhåndskartlegginger. Det er dyrt og hvem skulle i så fall betale, når undersøkelsen ikke er hjemlet i forskrifter eller lovverk?

Skal forhåndskartlegging være gjennomførbart må kostnadene betydelig ned, og her kommer fjernmåling inn i bildet. Etter utredningsarbeidet rundt flybåren lidarskanning i regi av NIKU fra 2005 og fremover (Risbøl et al 2006a, 2007, 2008, 2011) har det vært klart at løsningen for synlige kulturminner kunne ligge her. Metoden har imidlertid vært lite brukt i kulturminneforvaltningen. Hovedårsakene til dette er:

- manglende tilgang til lidardata
- for lav kvalitet på tilgjengelige lidardata
- manglende kompetanse for bestilling og håndtering av lidardata
- manglende økonomiske ressurser til innsamling av lidardata

Dermed har bruk av lidardata i liten grad vært implementert i forvaltningen av synlige arkeologiske kulturminner på tross av den åpenbare nytteverdi. Dette forandret seg i Oppland fra 2011 med starten av OPptakt-prosjektet (Opplandsprosjekt på tidlig avklaring av kulturminner med ny teknologi) i regi av Oppland fylkeskommune (OFK).

OPptakt-prosjektet kombinerer ønsket fra kulturminneforvaltningen om å komme tidlig inn i arealplanprosessene med en innovativ kartlegging av synlige kulturminner ved bruk av High Definition (HD)-lidarkartlegging, bl.a. i samarbeid med Riksantikvarens fjernmålingsprogram. OPptakt sitt arbeid med HD-lidarkartlegging er et gjennombrudd for fjernmåling i kulturminneforvaltningen. Metodikken gjennomgikk en vellykket test i 2011 i et skogs- og stolsområde (70 km²) i forbindelse med kommunedelplanen for Gravfjellet i Øystre Slidre kommune (Pilø et al 2012). Metodikken ble implementert i nye områder i 2012 (Pilø et al 2013).

Prosjektet sto bak HD-lidarskanning av ytterligere fem kommuner i Oppland i 2012, i samarbeid med

Geovekst. Ved utgangen av 2012 er 1500 km² kartlagt med HD-lidarskanning. Samtidig kartla prosjektet behovet for HD-lidarskanning i de resterende Opplandskommuner. Det viste seg å være på ca. 4000 km². I desember 2012 bevilget fylkestinget den økonomiske rammen for fullføring av HD-lidarkartleggingen i Oppland, noe som skal skje i 2013- 2015. Ved fullføring av prosjektet i 2015 vil OFK ha investert 10 mill. i HD-lidarskanning, databearbeiding og kvalitetskontroll.

Bruk av storskala HD-lidarskanninger har åpnet opp for nye muligheter for kulturminneforvaltningen i Oppland i form av bedre kartlegging og lavere tap av kulturminner. Hverdagen for forvalterne av arkeologiske kulturminner er vesentlig endret til det bedre. Det er lettere å gjøre prioriteringer, feltarbeidet effektiviseres og kulturminnenes geometri møter nå kravene til nøyaktighet.

Et viktig spørsmål er nå hvorvidt OPptakt-metodikken kan overføres til andre landskapstyper med andre kulturminnetyper og andre problemstillinger i forhold til arealforvaltningen. I Oppland er det et stort antall godt synlige, men ikke kartlagte kulturminner i skog og utmark. Samtidig er det betydelig økonomisk aktivitet i disse områdene, noe som gjør behovet for kartlegging prekärt. Slik er det ikke i alle deler av landet, men lidarteknologien har andre fordeler, som kan gjøre bruk aktuelt også i andre landskapstyper og med andre problemstillinger for kulturminneforvaltningen. I denne FoU-en er det gitt en vurdering på hvilken måte tilgang til HD-lidardata vil kunne bidra til et kvalitativt bedre kulturminnevern i Norge, gjennom å se på hvor anvendelige slike data vil kunne være i de ulike regionene. Dette er gjort gjennom å velge ut testområder – geografiske områder med en kulturminnesammensetning og topografi som er annerledes enn i Oppland.

Denne FoU-en også en praktisk, hands-on guide til bruk av lidardata. Hvordan skaffer man seg det, hvordan bruker man dem rent praktisk, og hvilken betydning har det for den daglige forvaltningen? Når det gjelder historikk, teknologi og mer detaljerte lidartekniske spørsmål blir det henvist til relevant faglitteratur. Bakerst i rapporten finnes det en liten oversikt over grunnleggende lidarbegreper. Bruk denne, hvis det forekommer ukjente fagtermer som DTM, autoklassifikasjon, intensitet, LAS osv.

2. LIDARSKANNINGENS ABC

Historikk, teknologi og anvendelsesområder

Flybåren lidarskanning er en svært effektiv fjernmålingsmetode for å samle inn topografisk informasjon over store områder til en lav pris. For en redegjørelse av historikken bak lidar vises til Opitz & Cowley 2013. For teknologien bak lidar vises til Opitz 2013a. Den store fordelen med flybåren lidarskanning kontra optiske fjernmålingsmetoder er at laserpulsene til en viss grad trenger gjennom skog, gjennom hull i vegetasjonsdekket. Dette gjør det mulig å finne synlige kulturminner i områder hvor flyfotografering og satellittfoto har liten verdi.

Innsamlete lidardata består etter prosessering av en samling punkter (en punktsky) samlet i en tabell med x-, y- og z- samt intensitetsverdier. I tillegg kan dataene være klassifisert, slik at de kan filtreres mht om punktene stammer fra bakken eller fra vegetasjon, bygninger eller lignende over bakken. Punktskyen kan brukes som den er, men vanligvis genereres overflater ved interpolering mellom punktene. For kartlegging av synlige arkeologiske kulturminner er det en topografisk bakkemodell som er mest relevant – en såkalt Digital Terreng Modell (DTM), hvor punktskyen filtreres slik at kun punktene som er klassifisert som bakke blir anvendt (se figur 2).

Lidar har et bredt anvendelsesområde, bl.a. innen vanlig kartlegging, meteorologi, glasiologi, biologi og skogstaksering. Metoden har vært anvendt innen arkeologien siden år 2000. I Norge ble lidarskanning tatt i bruk for etablering av høydegrunnlag fra ca. 2002, og litt tidligere for skogskartlegging. Den første bruken av flybåren lidarskanning innenfor arkeologisk kartlegging skjedde i 2005 i Elverum i Hedmark (Risbøl et al. 2006b, Risbøl 2009). Siden den gang er det foretatt en del HD-lidarskanninger for kulturminneformål, men antallet er ikke høyt, og bortsett fra i Oppland er arealene til nå ganske begrensede. Samtidig er det foretatt omfattende lavoppløste lidarskanninger for etablering av høydegrunnlag i deler av landet i regi av Kartverket.

Hvordan får man skannet et område?

Tilgang til eksisterende lidardata fra Geovekst får man gratis gjennom Norge Digitalt, hvis man er part. Dette gjelder bl.a. fylkeskommunene.

Lidarskanning kan være rimelig eller dyrt, alt etter volum og kravspesifikasjoner. Ideelt sett hadde det vært det beste å gjennomføre egne lidarskanninger for kulturminneformål med fullstendig kontroll over formål, kravspesifikasjoner og skanningstidspunkt, men det ville også bety at kulturminneforvaltningen vil måtte dekke alle kostnadene selv. For mindre, problemrettete skanninger kunne dette kanskje vært en mulighet, men å gjennomføre større kartlegginger på denne måten virker urealistisk. Å gjennomføre lidarskanninger på egen hånd uten samarbeid med de store offentlige kartleggingsaktørene anbefales følgelig ikke. Det er dyrt og det er dessuten lett å gå seg bort i kravspesifikasjonene, slik at det ferdige resultatet blir av lavere kvalitet enn ønskelig.

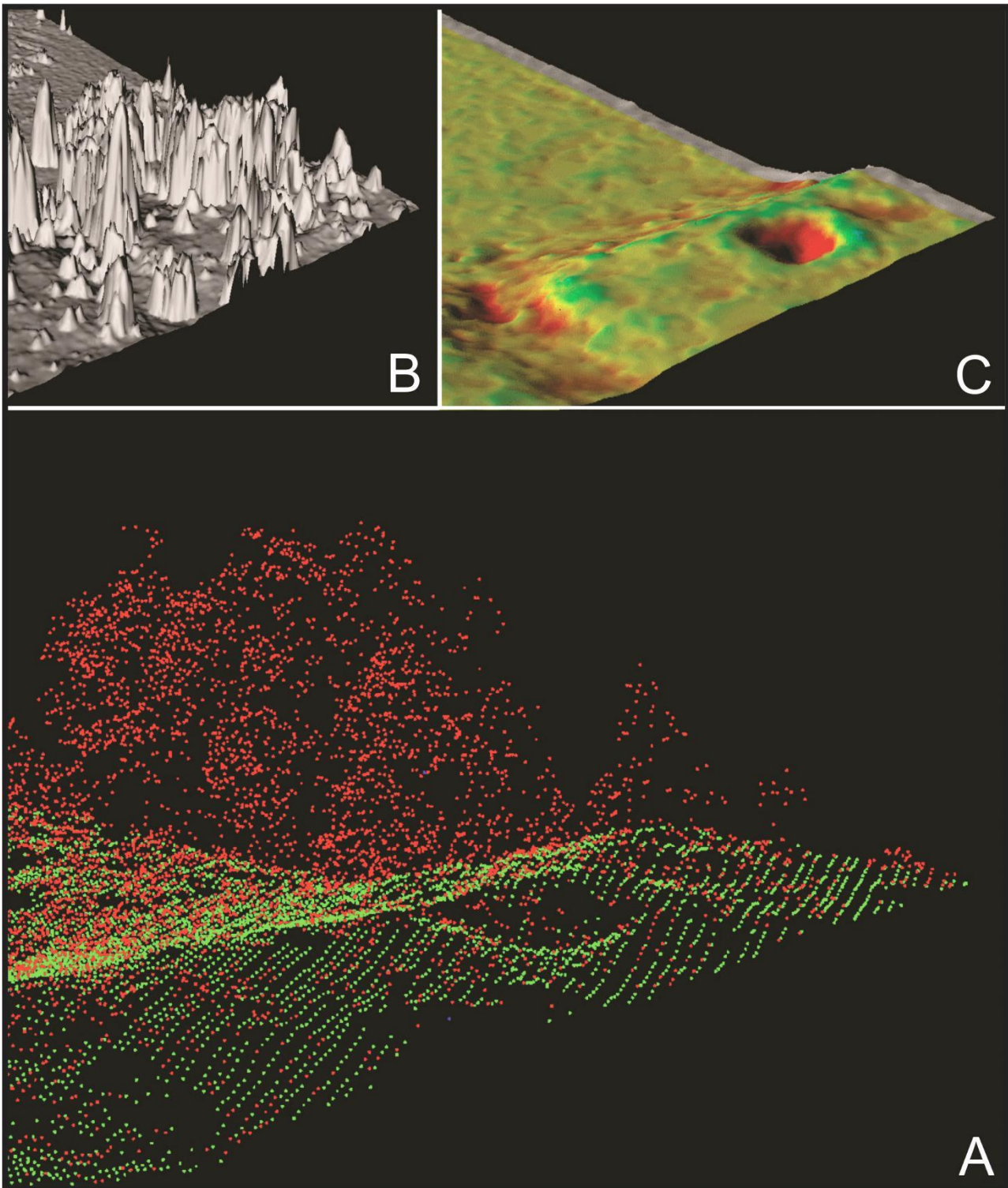
Ved i stedet å samarbeide med det regionale Geovekst-samarbeidet får man flere fordeler:

- Betydelig lavere kostnad
- Bestillerkompetanse
- Tilrettelegging av data
- Langsiktig lagring av data

Fylkeskommunene er ikke fast Geovekstpart, men kan medvirke ved behov. Ved HD-lidarskanning for kulturminneformål bidrar OFK med 30-35 % av utgiftene. Uten dette bidraget ville det foregått minimalt med HD-lidarkartlegging i Oppland. Det er med andre ord viktig å ha økonomi å bidra med.

For å illustrere de kostnadsmessige fordelene ved å samarbeide med Geovekst: OFK gjennomførte sin første HD-lidarskanning i 2009 - av gravfeltet på Einang i Vestre Slidre. Skanningen omfattet 3,5 km² og kostet 51.000 kr. Det er jo en overkommelig sum, men for det samme beløp får OFK i dag HD-skannet 56 km² i samme kvalitet i samarbeid med Geovekst.

For å få til Geovekstsamarbeid om slike skanninger er det nødvendig med møter med partene for å forklare nytteverdien av HD-lidarskanning istedenfor vanlig DTM 20 standard (se fagterm-ordlisten bakerst i denne rapporten) som brukes for etablering av høydegrunnlag, men som ikke er tilstrekkelig for kulturminnekartlegging. Her er det med andre ord viktig med god informasjon om fordelene med tilgang på HD-lidardata. Erfaringen fra slike informasjonsmøter er ganske entydig:



Figur 2. Tre måter å vise lidardata på. A: Punktsky, filtrert etter punktenes klassifikasjon (rød: klasse 1 - første retur; grønn: klasse 2 - bakke). B: Samme område som digital høydemodell (DHM), generert av første retur-punktene (klasse 1). C: Samme område som digital terrengmodell (DTM), generert av bakkepunktene (klasse 2), laget i lokalt relieff. Objektet som er synlig er ennå ikke sjekket i felt, men er sannsynligvis en kullgrop. Tverrmål 8 m, målt på toppen av vollen.

- Kommuner som allerede har hatt tilgang på HD-lidardata er positive til ytterligere skanning.
- De fleste kommuner som ikke har hatt slike data tidligere er interessert, men litt avventende, siden det er nytt. I den videre prosessen blir de med på HD-skanningen, men i varierende omfang.
- Enkelte kommuner gir ikke respons eller er ikke interessert.

I forbindelse med samarbeid med Geovekst om lidarskanningen må kulturminneforvaltningens behov avveies i forhold til andre interesser. Man vil da potensielt kunne oppleve at lidarskanningen gjennomføres selv om forholdene ikke er optimale, siden andre parter har bruk for dataene fort, for eksempel i forbindelse med kommunal planlegging. Ved litt smidighet i planleggingen er slike problemer ikke av stor betydning.

Man vil også kunne oppleve at det er ønske om skanning av områder som ikke er så aktuelle i forhold til kulturminneinteresser, for eksempel områder med skredproblematikk. Prinsippet i Geovekstsamarbeidet er at man bidrar etter hvor mye man ønsker å påvirke hva som skannes og i hvilket omfang. Hvis en part ønsker skanning av spesifikke områder, mens andre parter ikke har interesse av dette, vil dette føre til at denne parten vil måtte bidra mer til prosjektet.

Det er også viktig å merke seg at Geovekst i utgangspunktet ikke finansierer kartlegging i nasjonalparker og landskapsvernområder. Årsaken er at Geovekst primært foretar kartlegging av områder hvor det foregår endringsprosesser, og det skal det jo i prinsippet ikke være mye av i verneområder. Finansieringen av skanninger i slike områder kan dermed bli en tyngre prosess. Slike lidarkartlegginger foregår følgelig i begrenset omfang. I Oppland har Galdhøpiggen-massivet i Jotunheimen nasjonalpark blitt lidarskannet i et samarbeid mellom NVE og OFK. I regi av DYLAN-prosjektet er Grimsdalen landskapsvernområde i Hedmark og Oppland kartlagt (Risbøl et al. 2011a). Kulturminner i verneområder er ikke utsatt for et stort press og kartleggingsbehovet er dermed ikke så stort i første omgang. På lengre sikt er det imidlertid en fordel

om også disse kulturminnene blir kartlagt, men da må kulturminneforvaltningen skaffe seg andre samarbeidspartnere enn Geovekst, for eksempel Direktoratet for Naturforvaltning.

Størrelse på skanningsområde

I utgangspunktet er det ønskelig å få HD-lidarkartlagt størst mulig areal såfremt det forekommer synlige kulturminner innenfor et gitt område. Dette er for å få en best mulig oversikt. I OPPtakt-prosjektet er det likevel primært kommunenes ønsker som er avgjørende for hvilke områder som blir HD-lidarskannet. Kommunene har i hovedsak delt seg i to grupper med henblikk på størrelse og beliggenhet på skanningsområder. Noen kommuner ønsker å få skannet det aller meste av kommunen (utenom verneområder), slik at man kan dra full nytte av tilgangen på HD-lidardata. Andre kommuner ønsker primært å få skannet aktuelle utbyggingsområder, som regel begrunnet i økonomiske hensyn. De går da glipp av en del av de andre nytteaspektene ved HD-lidarskanning (se kapittel 7, 8 og 9). Erfaringen tilsier at jo lenger man kommer i prosessen med utvelgelse av skanningsområdene, jo større blir områdene. Det er viktig at skanningen ikke knipes inn til kun å dekke selve det aktuelle utbyggingsarealet, men at det også tas med en buffersone rundt, slik at man kan få et inntrykk av spredningen av synlige kulturminner også utenfor planområdet.

Det kan være tilfeller hvor OFK vektlegger å få med områder hvor man vet det er betydelige kulturminneinteresser, selv om utbygging ikke virker så aktuell. Dette gjøres bl.a. for å få en bedre oversikt over totalforekomster.

Kravspesifikasjon

Lidardata leveres i dag nesten utelukkende som LAS-filer, delt inn i ruter. Disse filene kan leses i ArcGIS eller andre GIS-verktøy. Det finnes også en rekke programvarer som er utviklet spesifikt med henblikk på å kunne håndtere lidarskanningsdata, som f.eks. Quick Terrain Modeler. Det er viktig å legge inn krav om leveranse av

såkalte autoklassifiserte data for å få tidlig tilgang hvis det er behov for det. Disse foreløpige dataene er som regel tilstrekkelige for bruk i kulturminneforvaltningen. Det er viktig å kontrollere datakvaliteten på den endelige leveransen, slik at man får det man har betalt for. Dette gjøres best av Kartverket.

Det viktigste punktet i forbindelse med kravspesifikasjon er punkttetthet da denne er avgjørende for oppløsningen på modellene som skal tolkes. Jo flere punkter, jo dyrere blir skanningen. Lidarskanning i Norge gjøres etter tre hovedstandarder: DTM 10, DTM 20 og DTM 50 – Digital Terreng Modell med henholdsvis 10, 20 og 50 cms nøyaktighet. Vanlig etablering av høydegrunnlag i Norge gjøres i dag etter DTM 20 standard med 0,7 pkt/m², mens det benyttes DTM 50 0,3 pkt/m² i mer fjerntliggende utmarks- og fjellområder. Ingen av disse standardene er tilstrekkelige for kulturminnekartlegging. I noen tilfeller kan det erkjennes store og tydelige kulturminner i DTM 20 0,7 pkt/m² data, men i de fleste tilfeller vises ikke de synlige kulturminnene.

Anbefalingen for HD-lidarskanning for kulturminneformål er i dag DTM 10 5 pkt (Risbøl et al. 2011b). Det er viktig å merke seg at 5 pkt/m² ikke refererer til bakkepunktetthet, men tetthet av første retur fra vegetasjon, bygning, vei eller terreng. Erfaringene fra Oppland er at 5 første returer/m² i skog normalt resulterer i 2-3 bakkepunkt/m². Dette varierer selvfølgelig i forhold til vegetasjon.

I litteraturen finnes det eksempler på skanninger med betydelig høyere punkttetthet enn 5 pkt/m² (Corns & Shaw 2013). Det er sannsynlig at utviklingen går mot større punkttetthet og lavere pris pga. den teknologiske utvikling. Å øke punkttettheten fra 5 pkt til 10pkt/m² har vist seg ikke å ha særlig stor effekt (Bollandsås et al. 2012; tilsvarende erfaringer også fra Oppland). Tolkningen av de påviste objektene blir ikke kvalitativ sikrere med 10 pkt/m² i stedet for 5 pkt/m². Det er vanskelig å forestille seg at geovekstpartene vil bidra til større punkttetthet, da de fleste av disse partene allerede i dag er tilfredse med DTM 20 0,7 pkt/m².

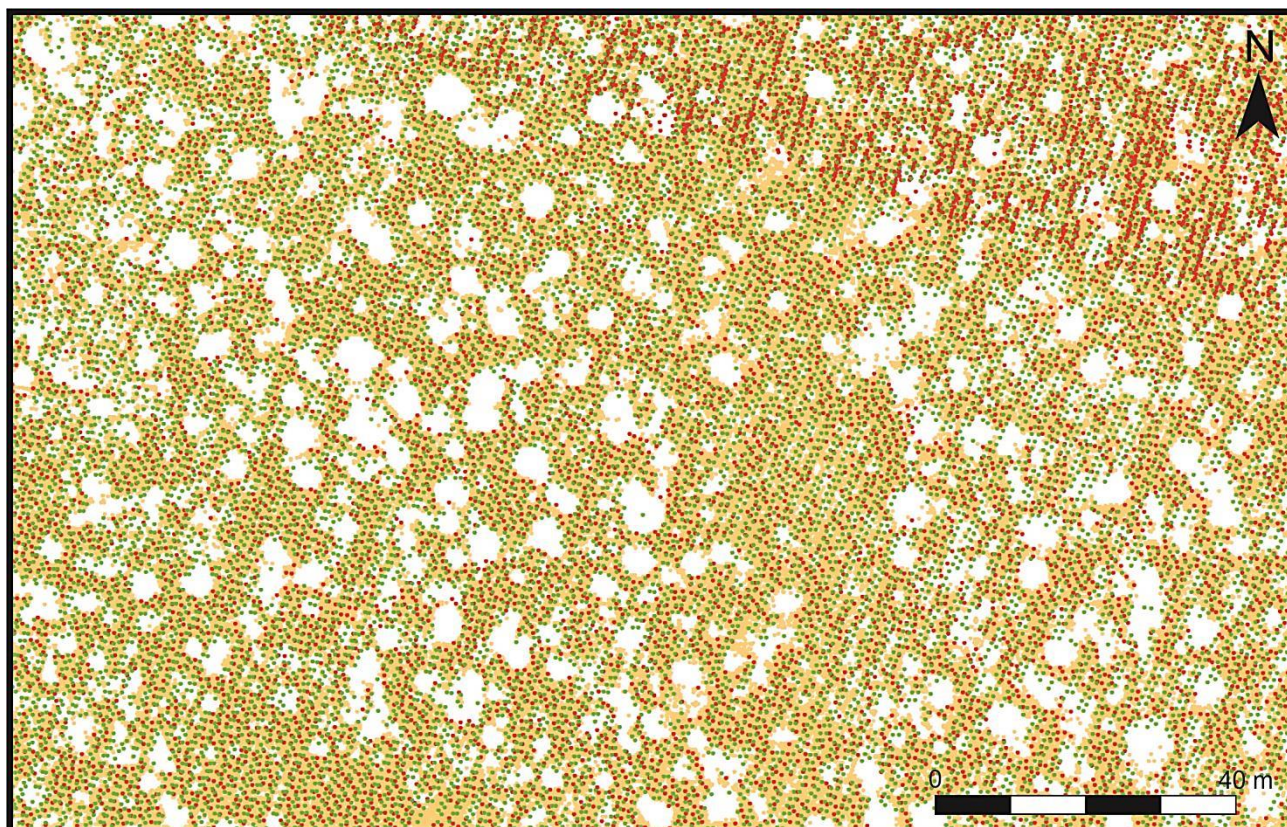
Skanningen bør gjennomføres med minst mulig løv på trærne og på snøfri mark. Utfordrende topografi i midtre og nordre deler av Oppland med dype daler og høyereliggende stølsområder gjør det vanskelig å skanne

under optimale forhold i alle områder. Når snøen er smeltet i lavereliggende områder og løvet er ved å sprette her, ligger det fortsatt igjen betydelige snømengder i høyden. Dette løses best ved å skanne lavereliggende områder først, og høyereliggende etterpå. De høyereliggende områder er ikke så følsomme for løv på trærne da løvtrærne her oftest er lave og løvet mer glissent enn nede i bygda. Det har frem til nå vist seg vanskelig å samkjøre med skanning for skogstaksering, da man her ønsker mest mulig sammenlignbare data, og derfor helst skanner utenfor eller midt i vekstsesongen.

Været i skanningssesongen har vært en utfordring for gjennomføring av skanningene de siste årene. For at skanningen skal bli vellykket er det viktig at det er skyfritt under flyhøyden. Ved HD-lidarskanning anvendes det lavere flyhøyde enn ved for eksempel skanninger etter DTM 20 standard, og det gjør at det er flere muligheter for gjennomføring. Blir det lagt for strenge krav til gjennomføringstidspunkt i forhold til optimalisert datainnsamling risikerer man at skanningene ikke blir gjennomført i planlagt tidsperiode. I kystnære strøk med lengre sesong uten snø og dermed lengre periode uten løv på trærne vil gjennomføringsmulighetene være bedre.

Å øke punkttettheten for å hjelpe laserpulsene med å trenge gjennom skogen har liten hensikt (se figur 3). Er det snakk om plantet granskog eller tett, lav bjørkeskog så trenger laserpulsene i lite grad helt ned til bakken. Se på undervegetasjonen i en tett granskog: er det dødt under trærne, så kommer det ikke lys ned. Da kommer det ikke ned laserpulser heller – laserpulsene er jo lys i den infrarøde bølgelengde. Typiske områder hvor det er vanskelig for laserpulsene å trenge gjennom i tilstrekkelig grad er dalsider eller kløfter med tett granskog. I Oppland er dette imidlertid områder med generelt lavt potensial for kulturminner, slik at dette ikke er noe vesentlig problem. I noen skogsområder får man veldig god gjennomtrengningsevne for laserpulsene. Det dreier seg særlig om tørre furumoer, typisk grussletter ved utløpet av elver.

I dag samles det inn lidardata i Norge både med diskrete returer (enkeltpunkter) og fullbølge (FWL, se Doneus & Briesse 2006 og Doneus et al. 2008). Nye studier viser at bruk av fullbølgedidar kan gi bedre mulighet for å filtrere dataene, men dette er i liten grad



Figur 3. Bakkepunkter fra tre ulike lidarskanninger av et areal ved Gålå i Sør-Fron. Grønn: DTM 20 0,7 pkt (2006); rød: DTM 20 0,7 pkt (2010); gul: DTM10 10 pkt (2010). Skanningen er foretatt etter løvsprett i alle tre tilfeller. Hvite felt viser avtrykk av trær, områder hvor laserpulsene ikke har trengt gjennom, uansett punkttetthet.

implementert, og FWL-data behandles ofte bare som konvensjonelle lidardata.

Skanningskostnader ved HD-lidar

Kanskje det vanligste spørsmål i forbindelse med planlegging og gjennomføring av HD-lidarskanning er hvilken kostnad denne skanningen har. Kostnadene avhenger av flere faktorer:

- Generell kapasitet i markedet / konkurransesituasjonen
- Størrelsen på skanningsområdet
- Arronderingen av skanningsområdet
- Krav til gjennomføringstidspunkt
- Krav til leveringstidspunkt

Det er i dag tre aktører på det norske markedet: TerraTec, Blom Geomatics og COWI. Konkurransen for å få oppdrag har vært beinhard. I perioden 2008-

2010 sank prisene på lidarskanning med 65%. I 2011-2013 har prisene stabilisert seg. Det er fortsatt ledig skanningskapasitet i markedet og at prisene skal stige betydelig de nærmeste årene virker derfor lite sannsynlig. Den teknologiske utvikling med stadig mer høyfrekvente skannere indikerer heller en fortsatt prisnedgang, dog kanskje ikke i samme målestokk som tidligere.

Størrelsen på skanningsområdet er av vesentlig betydning for pris pr. arealenhet. Små områder er dyrere å skanne enn store. Dette skyldes at det er en startkostnad med rigging av flyet og tilflyving til området som er uavhengig av skanningsstørrelsen. Siden prisen oppgis pr. km² vil startkostnadene ved små skanninger bli fordelt på få km². Dermed vil prisen måtte ligge høyere enn ved store skanninger hvor startprisen kan fordeles over mange km².

Hvor effektivt skanningen kan gjennomføres spiller også en rolle for pris. Har skanningsområdet mange ”kroker” vil det ta lengre tid å gjennomføre skanningen enn hvis området er godt arrondert. Dette gjelder særlig

hvis skanningen gjennomføres med fly. Flyet kan ikke snu for brått, da skanneren da kan miste kontakten med GPS-basestasjonen.

Som tidligere nevnt er det en klar fordel om skanningen gjennomføres uten løv på trærne og på snøfri mark. I deler av Oppland betyr dette at tidsvinduet for gjennomføring av skanningen er temmelig kort. Dette kan som nevnt tidligere løses ved at lavereliggende områder flys først. Å sette krav til oppdeling av skanningsområdene og strenge krav til tidspunkt for gjennomføring kan potensielt føre til høyere pris. Tilsvarende kan krav om rask levering av autoklassifiserte data medføre noe økte kostnader. I Oppland har en foreløpig ikke opplevd slike økte kostnader verken knyttet til skanningstidspunkt eller rask leveranse. Dette har vært en service selskapene tilbyr for å sikre seg kontrakten.

Ny Nasjonal Høydemodell

Det har pågått et arbeid for etablering av en ny nasjonal høydemodell (NNH), av samme modell som tilsvarende høydemodeller i Danmark og Sverige. Kostnaden for denne modellen er beregnet til ca. 220 mill. kr, og vil basere seg på omfattende lidarskanninger. Unntaket er høyfjellterreng hvor det er planlagt å anvende bilde-matching. En slik nasjonal skanning vil potensielt kunne samkjøres med HD-lidarskanning for kulturminneformål, men dette vil kreve et økonomisk bidrag fra kulturminneforvaltningen. Det har ikke lyktes å få prioritert NNH i forbindelse med statsbudsjettet de siste årene, og det fremstår som usikkert om prosjektet vil bli realisert i sin nåværende form.

3. PROSESSERING OG TILRETTELEGGING

Prosessering av rådata

Prosessering av rådata fra lidarskanning krever mye kunnskap og tilgang til egnet programvare utviklet til formålet. Det vil normalt ligge utenfor hva aktører i kulturminnevernet har mulighet for å delta i. Et norsk unntak er LBI-prosjektet som jobber med data fra Vestfold, og hvor de involverte samarbeider bl.a. med teknikere fra Technisches Universität i Wien (Risbøl et al. 2011b).

Det er viktig å merke seg at ulike firma prosesserer rådataene ulikt og at dette kan føre til varierende antall bakkepunkter fra samme datasett (Kartverket 2012).

Produksjon av DTM og DSM

Når lidardataene er levert i prosessert stand vil man sitte med en punktsky, hvor hvert punkt i tillegg til koordinater også inneholder informasjon om intensitet (som varierer etter hva laserpulsene har truffet) og klassifisering. Det er mulig å få levert ferdig bakkemodell (DTM) også, hvis man ikke har tilgang til verktøy for å lage slike selv. Det anbefales å produsere DTMer selv, da man kan variere gridstørrelse (pixelstørrelsen i modellen), og også lage DSM ved behov. OFK har brukt Quick Terrain Modeler, et stand-alone verktøy, frem til nå. Fremover vil nok nye løsninger for lidardata i ArcGis10.1 og andre GIS-verktøy kunne bli mer sentrale. Programvaren LP360 brukes bl.a. av Vestfold fylkeskommune for å jobbe direkte med lidardata i ArcGis.

Det finnes en rekke open-source programvarer for behandling av lidardata: Grass GIS, QGIS, SAGA GIS, Cloud Compare, Fusion, Meshlab, Paraview, LiVT 1.0.0.19. Det er opprettet en egen facebookgruppe hvor lidarbrukere innen arkeologi og kulturminneforvaltning kan informere og diskutere relevante spørsmål:

<http://www.facebook.com/groups/462284903830064/>

Pt. produserer OFK geotiffer av DTMer. Disse kan legges inn i GIS-prosjektene, men er datamengdene store blir prosjektene tunge. Det finnes imidlertid tilgang til hillshade også gjennom en egen hillshade-wms for Oppland og Hedmark - se under.

Tolkning av HD-lidardata

Det første man må spørre seg i forbindelse av en tolkning av HD-DTMer er hvilket formål tolkningen tjener. Skal dette brukes til å lage et utbredelseskart over ulike kulturminnetyper eller skal dette danne grunnlag for en feltbefaring? Etter å ha prøvd ulike måter å gjennomgå dataene på, er man i OFK kommet frem til å markere kulturminner og andre anomalier i lidardata i to grupper. Den ene gruppen inneholder objekter som tolkes som kulturminner med stor grad av sannsynlighet. Den andre gruppen inneholder andre objekter som det er naturlig å sjekke dersom det skal foretas befaring i området. Den første gruppen objekter er planlagt tilgjengeliggjort for arealforvaltningen som "Fjernmålte kulturminner" gjennom InnlandsGIS

(www.innlandsgis.no). Det fremstår også som en mulighet å legge inn sikre objekter rett fra DTM og inn i Askeladden uten en forutgående sjekk i felt, men da bør det angis at objektet ikke er kontrollert i felt.

Objekter som man med stor grad av sannsynlighet er sikker på er automatisk fredete kulturminner vil i Oppland som regel være groper. Disse ligger ofte i samling eller på rekke, og er generelt regnet å være fra middelalder eller eldre. Kullmiler har som regel også en karakteristisk form, men er ikke automatisk fredet. Markering av hauger og dyrkingsspor som sikre automatisk fredete kulturminner er derimot vanskeligere, da de har et bredere dateringsspenn. Mange har sikkert opplevd at det kan være vanskelig nok å datere rydningsrøyser i felt – det blir da selvfølgelig helt umulig å gjøre dette fra dataskjermen. Unntaket er dersom haugene har fotgrøft, da dette er et diagnostisk trekk for gravhauger.

I tillegg kan man stedfeste allerede kjente kulturminner, hvis de er synlige. Her vil man ofte oppdage at den opprinnelige plasseringen av disse på kartet er unøyaktig (se kapittel 8 om geometriforbedring).

Ideelt sett bør gjennomgang av HD-DTMer skje med flere ulike visualiseringsteknikker for å få maksimalisert datauttaket fra lidardataene (Bennett et al. 2012, Kokalj et al. 2011, 2013). Dette kan gjøres på/med 3D-modell, hillshade, lokalt relief, sky-view

factor og slope/aspect. Visualiseringsteknikk er et felt hvor det for tiden skjer en rivende utvikling.

I 3D-programvare (som for eksempel Quick Terrain Modeler) kan man variere lyskildens plassering og overdrive terreng høyden, noe som gir et positivt bidrag til tolkningen, særlig av usikre objekter.

Hillshade er en 2D-gjengivelse av terrenget som oppleves som naturtro. Den er derfor meget vanlig i bruk. Hillshade brukes gjerne i et GIS i kombinasjon med ulike andre kartlag, ofte med transparens. Ulempen med hillshade er at den ikke er dynamisk, og lyset bare kommer fra ett sted. Dermed kan objekter bli oversett, særlig liniære strukturer som løper parallellt med lysretningen. Selv om hillshade kanskje er den vanligste visualiseringsmetoden for lidardata er den kanskje den dårligste mht. muligheter for tolkning av dataene (Bennett et al 2012).

I OFK har man siden høsten 2012 hatt stor nytte av bruken av lokal relieff modell, utviklet av Hesse (2010). Denne metoden gengir lokale forskjeller i høyde som et fargespekter, istedenfor skygge. Dermed blir man ikke avhengig av lyskildens plassering, som ved hillshade.

De siste par årene er automatisk deteksjon kommet inn som en vesentlig støtte under tolkningen av HD-DTMer (Trier & Pilø 2012). Data lastes opp til Norsk Regnesentral og tilbake får man shapefiler med markering av mulige groper, inndelt i klasser etter hvor bra de påviste objektene matcher en definert groptemplate. Metoden fungerer særlig godt i områder med jevn eller lett kupert overflate. Blir overflaten for ruglete og ujevn, for eksempel pga. ur eller vannløp blir det mange feildeteksjoner. Metoden er fortsatt under utvikling, både med henblikk på optimalisering for groper, og for deteksjon av andre typer objekt, i første omgang hauger (Trier et al. 2012). OFK bruker de automatiske deteksjoner som støtte under den visuelle gjennomgangen. Erfaringene fra Gravfjellet viser også at den automatiske deteksjonen i en rekke tilfeller har påvist groper som ikke ble sett under den visuelle gjennomgangen av DTMer, men som ble validert i felt.

Erfaringen fra bruk av lidardata i Oppland er at arkeologer med liten erfaring i å tolke lidardata er for optimistiske med henblikk på hvilken informasjon man kan få ut av lidardataene. Selv små nyanser tolkes som mulige kulturminner. Også tydelige anomalier kan

feiltolkes. Etter hvert blir man flinkere til å utelukke objekter som er resultat av nyere tids aktivitet (for eksempel massetak nær vei) eller naturlige (for eksempel grop i skråning bak stor steinblokk som er seget nedover skråningen). Man blir også flinkere til å vurdere hvilke områder hvor lidardataene er av begrenset verdi (områder med mange, lite eller ikke-synlige kulturminner og/eller for få bakkepunkter).

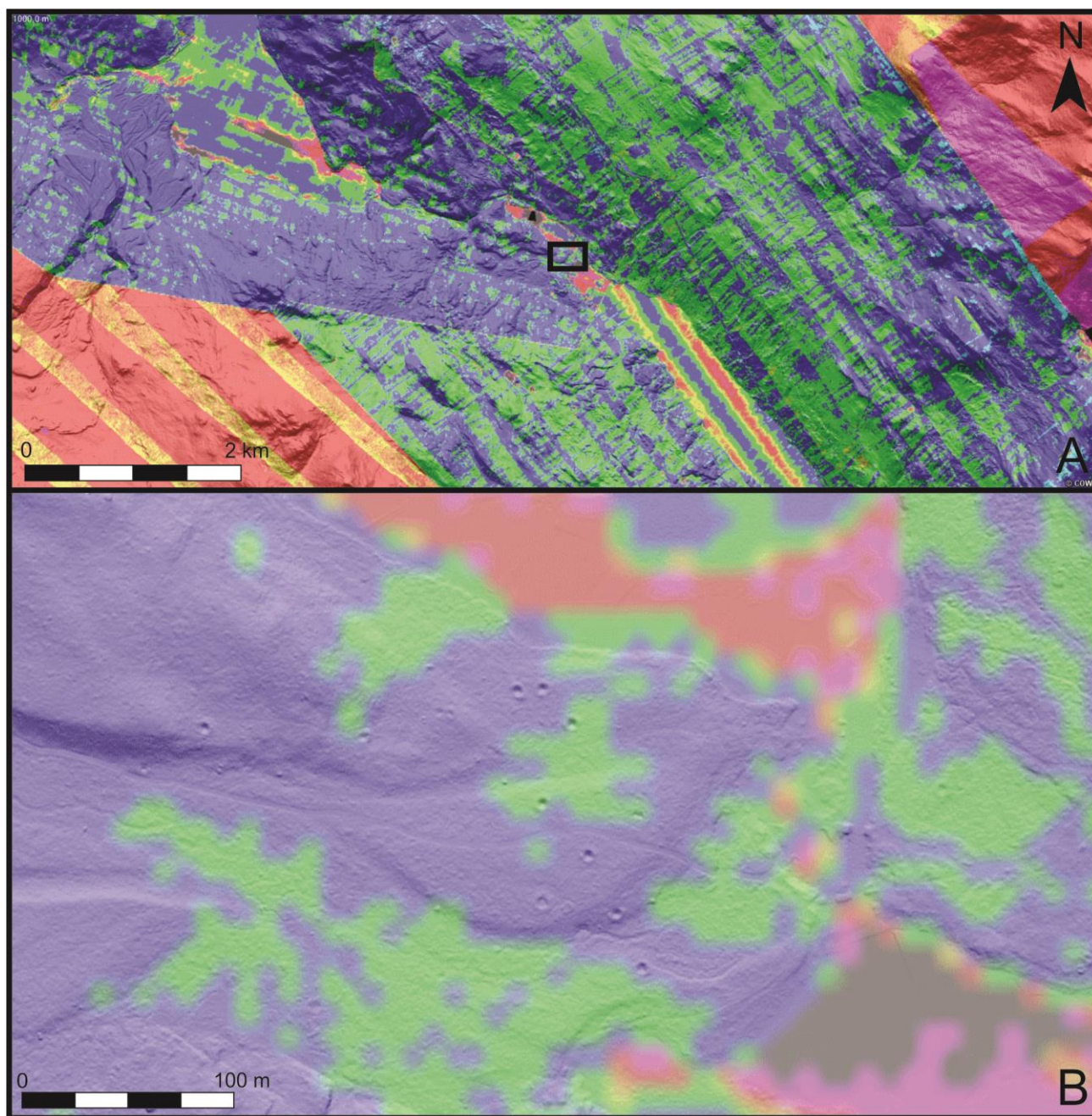
Tilrettelegging for bruk i forvaltning

Som det fremgår av ovenstående så er det ikke rett frem å bruke lidardata for den enkelte saksbehandler. Det krever både kompetanse innen tolkning og tekniske kunnskaper om prosessering. Reelt sett krever dette spesialkompetanse. Skal bruken av HD-DTM få den utbredelsen og effekten som er hensiktsmessig er det viktig å bygge ned brukerskelen lengst mulig.

Saksbehandlere bør følgelig ha en lett tilgang til lidardata, på linje med annet kartverktøy. Det er for Oppland og Hedmark sin del løst gjennom etableringen av en innsynsløsning i form av en hillshade-wms fra Statens Kartverk Hamar på initiativ fra OFK (se figur 4). Denne wms-en inneholder fire lag: en DTM med 0,5 m grid med tilhørende lag som viser tettheten av bakkepunktene og en DSM med 0,5 m grid og tilhørende lag som viser tettheten av førsteeturene med 0,5 m grid. Dette verktøyet gir en første informasjon om det er tilstede lidardata og i hvilken kvalitet. Det er også mulig å få et brukbart inntrykk av om det er synlige kulturminner i det aktuelle området, dersom dataene er av HD-kvalitet. Skal området granskes bør det imidlertid gjøres ulike visualiseringer og en tolkning av disse (som bekreftet over).

En litt enklere WMS-løsning er også etablert for Nord-Trøndelag.

Det pågår arbeid med en nasjonal forvaltningsløsning for lidardata. I dag er lagringsløsningen filbasert, og tilgang til dataene fås gjennom Kartverket. I den nye løsningen ser det ut til at dataene vil bli presentert som en hillshade-wms med likhetstrekk til løsningen som er utviklet for Oppland og Hedmark. Samtidig vil det være en nedlastingsløsning for lidardata. Løsningen antas å være operativ første halvår 2014 (Håkon Dåsnes, pers. medd.).



Figur 4. Eksempel fra WMS-løsning for lidardata, fra Olstappen i Nord-Fron og Sør-Fron. A: I stor skala ser man hvordan områder er skannet med ulik punktetthet for førsteretur, noe som igjen påvirker bakkepunktthet, som er angitt med ulike farger (>5 bakkepkt/m² er blålilla; 2-5 er grønn; 1-2 er gul; 0,3-1 er rød/oransje; <0,3 er turkis. Stripene med forhøyet bakkepunktthet skyldes overlappende skanningsstriper i forbindelse med flygingen. B: I liten skala ses et fangstsystem for elg tydelig. Området i B er angitt med svart firkant i A.

4. HVILKE KULTURMINNETYPER KAN ERKJENNES PÅ HD-DTM?

Det vil vanligvis være slik at jo mer markerte og synlige kulturminner er, jo bedre erkjennes de på HD-DTM. Den kan også være strukturelle trekk ved hvordan kulturminnene ligger plassert som gjør en erkjennelse enkel. Typiske eksempler på kulturminner som kan erkjennes med sikkerhet direkte fra DTM, og hvor en kontroll i felt ikke er nødvendig for å angi tilstedeværelse av et kulturminne, er:

- Jernfremstillingsplasser med kullgrop i samling (JKS-anlegg)
- Fangstanlegg med fangstgroper på rekke
- Groper med tydelig voll (som utelukker massetak), som ligger et stykke unna hus, hytte og vei. De aller fleste slike vil være kullgroper
- Gravhauger og –røyser som allerede ligger i Askeladden og hvor det kun er geometri som skal korrigeres
- Noen typer fossile dyrkingsspor, slik som større rydningsrøyser, åkerreiner, høyryggete åkrer og dyrkingsflater
- Hulveier og andre veifar
- Kullmiler (kan forveksles med gravhauger, hvis trekullet ikke er tatt ut).

Selv om kulturminnene er synlige på HD-DTM vil en befaring i felt ofte kunne supplere informasjonen fra lidardataene. Det er for eksempel vanlig at det oppdages flere, mindre kullgroper på JKS-anlegg eller at mer sammenraste fangstgroper dukker opp i fangst-systemene.

Det blir straks vanskeligere dersom kulturminnene er av typer som er mindre tydelige. Som regel kan slike kulturminner ikke erkjennes ved hjelp av HD-DTM i seg selv, men krever en validering i felt. Eksempler på slike kulturminner er:

- Små, grunne kullgroper
- Sammenraste eller delvis gjenfylte groper
- Mulige gravhauger og –røyser uten tilhørende informasjon
- Mindre tydelige dyrkingsspor, slik som små, lave rydningsrøyser

- Tufter – i utmark er slike tufter vanligvis lite markert (med unntak av Sør-Vestlandet og Nord-Norge)

Selv om de lite synlige kulturminner ikke kan erkjennes sikkert på forhånd utelukkende på bakgrunn av HD-DTM vil slike data likevel bidra positivt i registreringsfasen (se kapittel 9).

Ikke-synlige kulturminner fanges selvfølgelig ikke opp av en HD-DTM. Det er gjort noen forsøk på å bruke intensitetsverdien til å påvise spor i dyrket mark (Challis & Howard 2013), men dette er foreløpig ikke gjort i Norge.

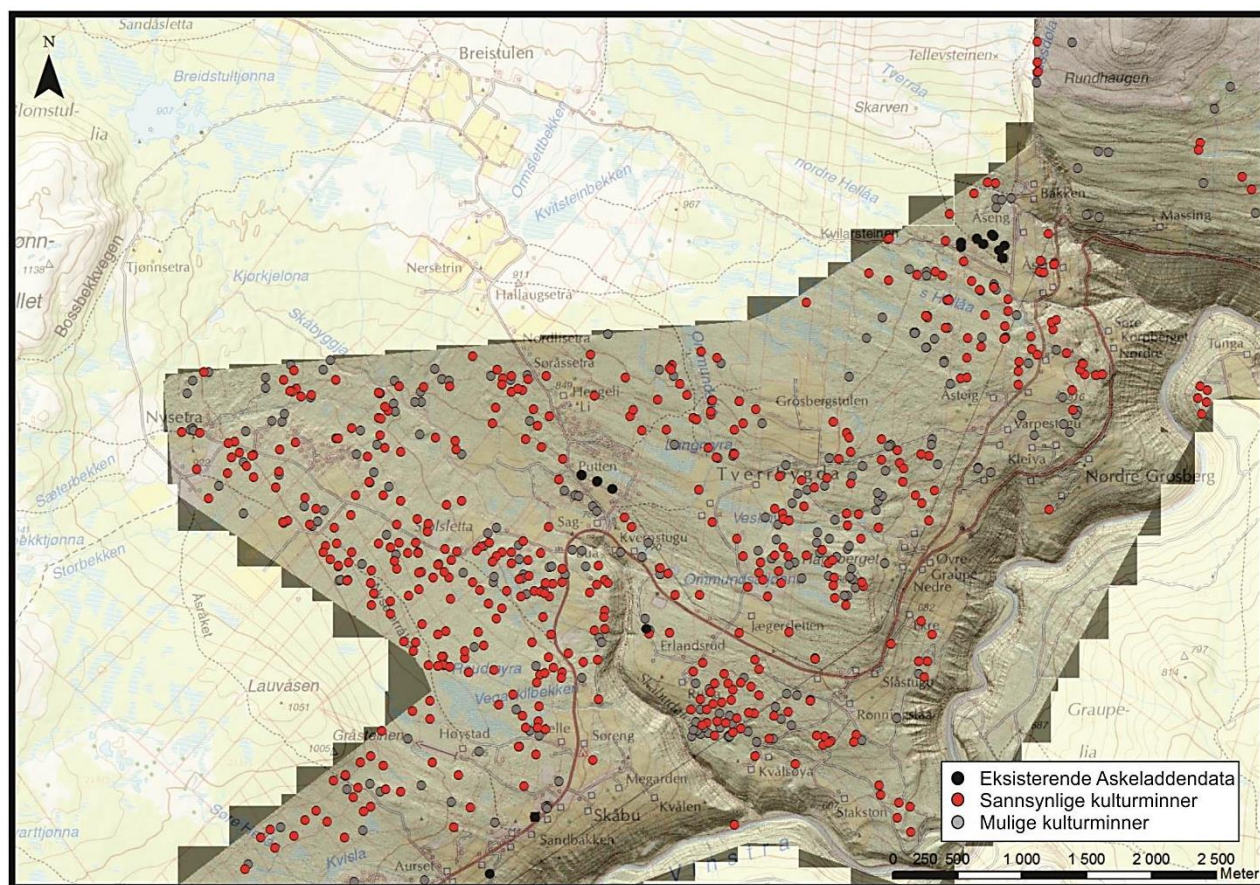
Det følger av dette at tilgang på HD-lidardata på generelt nivå ikke erstatter befaringer i felt. I mindre saker, hvor det er en eventuell forekomst av store og tydelige kulturminner som er problemstillingen kan imidlertid bruk av en HD-DTM være tilstrekkelig grunnlag for å vurdere om befaring er nødvendig.

5. OVERSIKT

En av de virkelig store fordelene med bruk av HD-lidardata i kulturminneforvaltningen er muligheten for å foreta en nærmest total kartlegging av utbredelsen av ulike typer synlige kulturminner slik som for eksempel jernvinneanlegg, kullgroper og fangstanlegg. Inntil 2012 var utbredelseskartene i Oppland i hovedsak basert på innkomne saker og tilfeldige opplysninger fra lokale registranter. Med tilgangen til HD-DTM har situasjonen forandret seg fundamentalt i de HD-lidarkartlagte områder. I fem av de syv kartlagte kommunene (Øystre Slidre, Dovre, Nord-Fron, Sør-Fron og Ringebu) er det nå produsert pålitelige storskala spredningskart for jernvinneanlegg, kullgroper og fangstgroper som gir et helt nytt grunnlag for forvaltningen av slike kultur

minner (se figur 5).

I Øystre Slidre kan det nå slås fast at det er mer enn 700 jernvinneanlegg med kullgrop i samling og 4000 kullgroper innenfor det HD-skannete område. Mindre enn 10 % av disse kulturminnene var kjent tidligere. Jernvinneanleggene ligger i de fleste tilfeller i stølsområdene, men det er også noen nede i bygda. Fangstsystemer for elg er imidlertid kun påvist i ett tilfelle. Det er åpenbart at dette resultatet har en umiddelbar konsekvens for forvaltningen av disse arkeologiske kulturminnene. Det blir vanskelig å forsvare et omfattende vern av jernvinneanlegg og kullgroper i forbindelse med utbygging, når det er så store forekomster. Samtidig blir vernet og ivaretagelsen av det enslige fangstanlegg for elg viktigere enn tidligere.



Figur 5. Utsnitt av lidarkartlegging i Skåbu, Nord-Fron. Den visuelle tolkningen av dataene, støttet av automatisk deteksjon, viser at de eksisterende Askeladdendata kun utgjør en svært liten del av den reelle bestanden av automatisk fredete kulturminner, i hovedsak kullgroper.

I Midt-Gudbrandsdalen har den første gjennomgangen av HD-lidardataene gitt et langt mer detaljert og riktigere bilde av utbredelsen av de synlige utmarkskulturminnene. Det er kommet tydeligere frem at det i utmarken rundt middelaldergårdsbosetningen er store forekomster av kullgroper, antagelig til smikullsproduksjon. Forekomstene av jernvinneanlegg er mer konsentrert til enkelte stølsområder enn i Øystre Slidre. Det er funnet flere tidligere ukjente fangstsystemer, og systemer som var kjent fra tidligere har vist seg å ha større utstrekning.

I Dovre har HD-lidarskanningen avslørt et fangstsystem nær Dombås. I tillegg er det oppdaget ikke tidligere kjente deler av det store fangstsystemet på Dovreplataet. Dataene har også kunne forbedre geometrien til de fangstgropene som tidligere er stedfestet av med håndholdt GPS – fra 5-8 m til bedre enn 0.5 m.

De nye totalutbredelseskart gir et helt annet grunnlag for de faglige vurderinger i forbindelse med for eksempel dispensasjoner fra kulturminneloven. Når kulturminnene ikke er kartlagt blir vurderinger av betydningen av det enkelte kulturminnet vanskelig. Når totalutbredelseskartene foreligger vil man ha opplysninger om hvor vanlige visse kulturminnetyper er. Etter hvert som Oppland blir HD-lidarkartlagt ville disse opplysninger strekke seg ut over det enkelte skanningsområde og den enkelte kommunen og over på regionalt plan og fylkesplan. Dette har stor nytteverdi, ikke minst i forhold til konsekvensutredninger, som i dag i stor grad bygger på eksisterende data. Slike data er ofte ufullstendige og tilfeldige, og konsekvensutredninger basert på dette vil være av mindre faglig verdi. Med en systematisk oversikt over de synlige kulturminner innenfor KU-området vil situasjonen stille seg helt annerledes.

For et tilsvarende arbeid i Baden-Württemberg, se Hesse 2013.

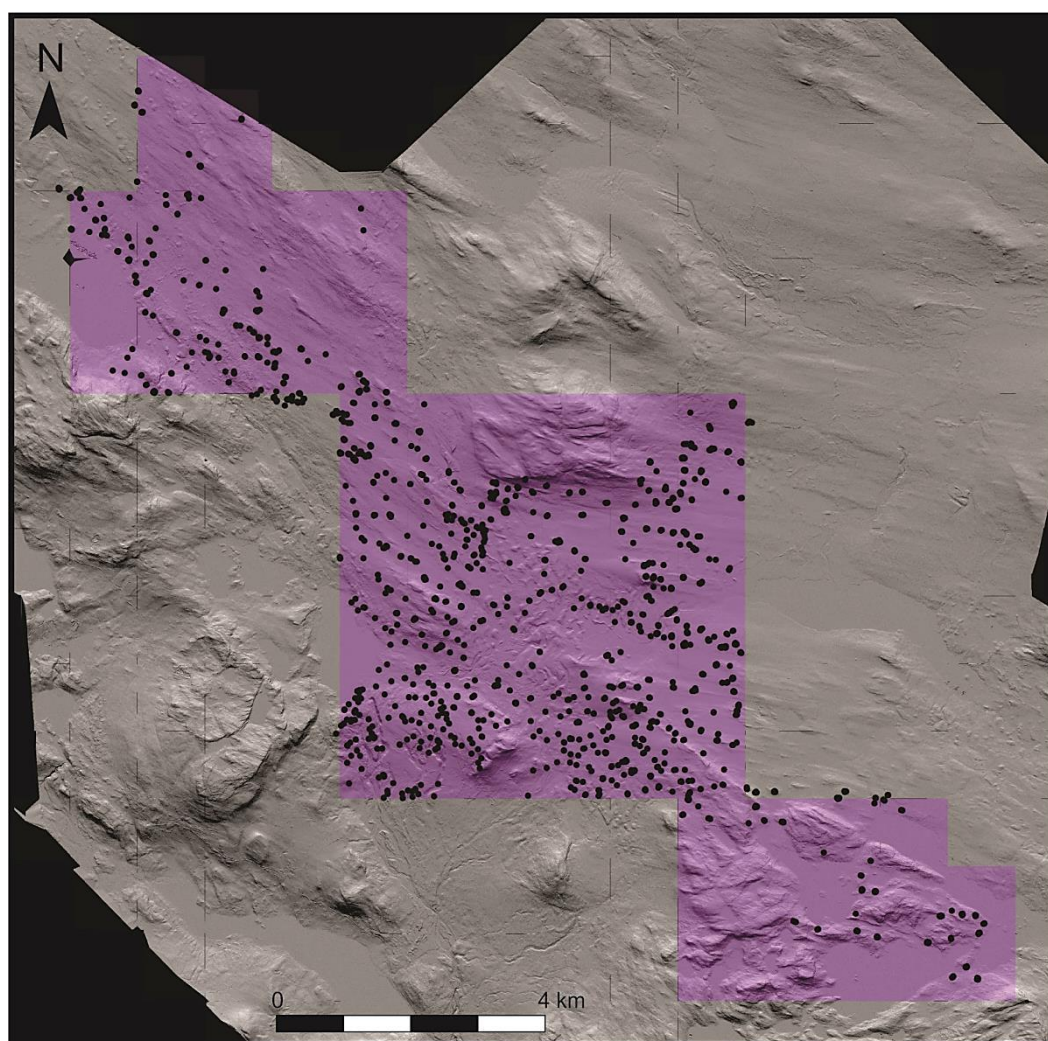
6. PROGNOSE

I forbindelse med overordnet arealplanlegging kan det være gunstig å gå et steg videre fra den første grundige gjennomgangen av HD-DTMer. Er et areal planlagt disponert for utbygging kan det være fordelaktig å sjekke verdien av lidardataene i det aktuelle område gjennom en kvalitetskontroll i felt. Da vil man kunne få et inntrykk av kvaliteten på lidarkartleggingen av kulturminnene og hvor representative de påviste kulturminnene er for forekomsten av synlige kulturminner innenfor området. Det kan ved samme anledning gis en vurdering for potensialet av lite synlige eller ikke-synlige kulturminner.

Hvor omfattende denne feltkontrollen bør være vil variere fra område til område, alt etter lidardataenes

kvalitet, de topografiske forholdene og kulturminnetypene. Dette prognosearbeid er ikke en oppfyllelse av undersøkelsesplikten, men et første trinn på veien dit. Man går fra objekt til objekt, ikke manngard som ved en tradisjonell overflateregistrering. Tidsforbruket er derfor langt lavere enn ved vanlig overflateregistrering, mens resultatet i mange tilfeller er bedre, i alle fall så lenge dette dreier seg om områder med hovedsakelig synlige kulturminner. Er det forekomster av lite synlige kulturminner kan det være nyttig å gjøre en samplingsbasert terrengsjekk i tillegg for å kvantifisere omfanget av disse.

OPPtakt-prosjektet har gjennomført fem kulturminneprognoser: Gravfjellet i Øystre Slidre, Gålåvatnet i Sør-Fron, Skottåsen i Ringebru samt Synnfjell øst og syd i Nordre Land.

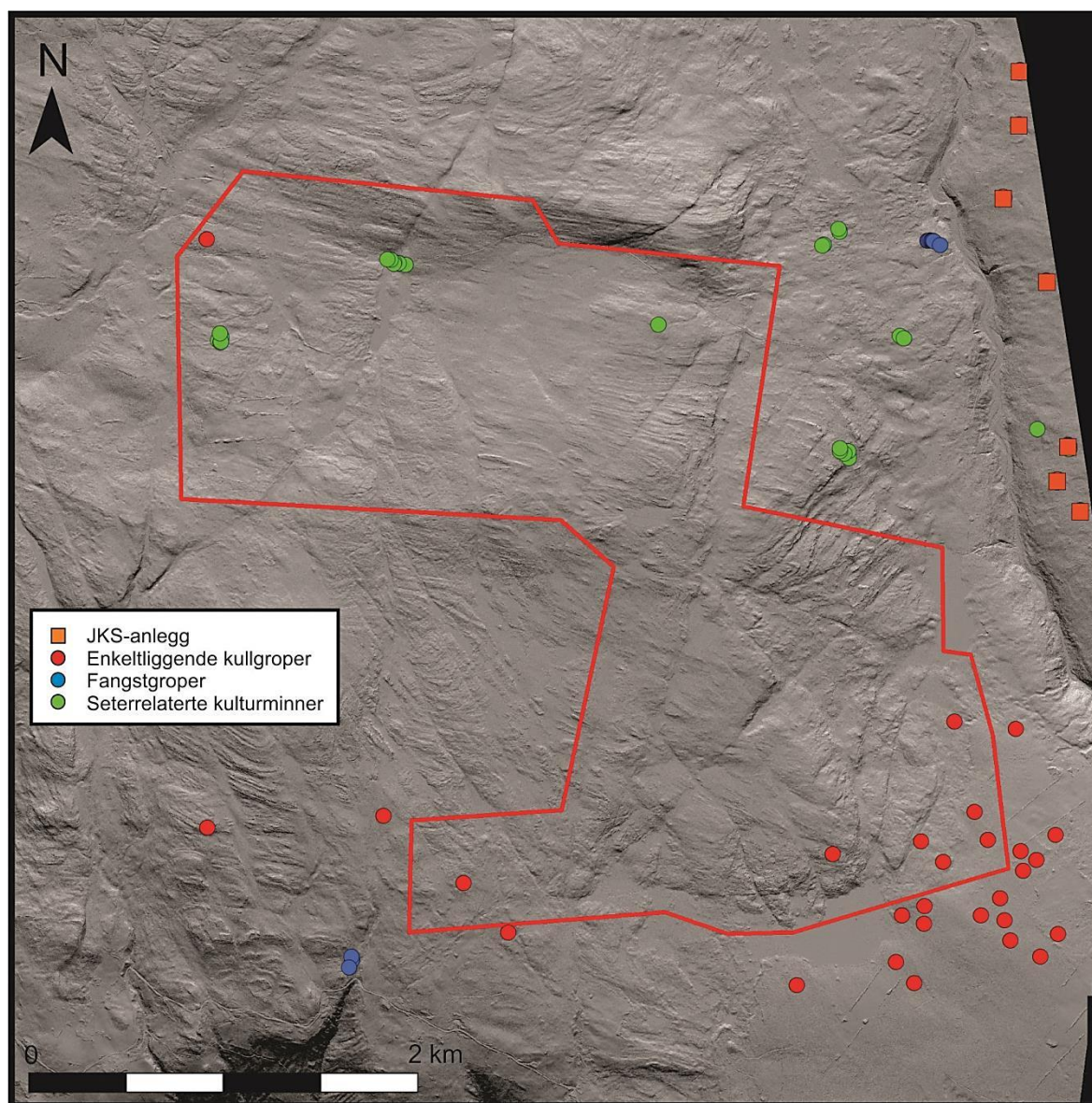


Figur 6. Gravfjellet og tilstøtende områder i Øystre Slidre. Kulturminner funnet under prognosearbeid i 2011 angitt med svart prikk. Prognoseområde angitt med lilla.

Gravfjellet, Øystre Slidre

Prognosearbeidet i Gravfjellet og tilstøtende områder dekket 70 km² (se figur 6). Arbeidet ble utført i 2011 og var den første kulturminneprognozen som ble laget. Bakgrunnen var det pågående arbeid med kommuneplan for Gravfjellet. Siden arbeidet også innbefattet utprøving av metodikken ble det foretatt en meget omfattende kontroll av objekter i felt. Det ble i alt kvalitetskontrollert ca. 3200 objekter, av disse var 1650 automatisk fredete kulturminner. I forbindelse med kulturminneprognozen ble det også vurdert at potensialet for ikke-synlige og lite synlige kulturminner var lavt med unntak for eldre jernalder jernvinneanlegg og

små kullgroper. Det ble også pekt på at setrene trengte en grundig overflateregistrering. I 2012 ble undersøkelsesplikten oppfylt for 10 km² av prognoseområdet. Dette innbefattet systematisk overflateregistrering av hele terrenget inkl. setrene, prøvestikking etter steinalder og ikke-synlig jernvinne, samt kvalitetskontroll av objekter påvist ved kulturminneprognozen. Dette arbeid påviste ytterligere kulturminner, særlig mindre kullgroper, eldre jernalder jernvinne samt tufter og dyrkningsspor knyttet til sætrene. Status etter oppfylt undersøkelsesplikt i 2012 er at prognosen fra 2011 holdt bra kvalitet og ga et riktig bilde av forekomsten av synlige kulturminner.



Figur 7. Kulturminneprognozen i Skottåsen, Ringebru. Planlagt utbyggingsområde angitt med rødt polygon. Det fantes ingen eksisterende Askeladden-data innen prognoseområdet.

Skottåsen, Ringeby

Det aktuelle utbyggingsområde i Skottåsen omfatter 9 km² og omfatter Skotta seter og områdene rundt. I tillegg har OFK inkludert en buffersone rundt, slik at det samlede prognoseområde omfatter ca. 16 km² (se figur 7). Bakgrunnen for registreringen var kommunens planer om bruk av området til hytteutbygging.

I likhet med i Gravfjellet ble det foretatt en kontroll av objekter som var påvist visuelt og/eller automatisk i lidardataene. Det ble også gått noe i terrenget for å kontrollere mulige forekomster av lite synlige eller ikke-synlige kulturminner. Prognosearbeidet viste at det var få kulturminner i utbyggingsområdet, og lite konflikt med kulturminneloven. Det gjenstår imidlertid et grundigere registreringsarbeid knyttet til Skotta seter mht. tufter og dyrkingsspor. Det ble påvist betydelige forekomster av kulturminner utenfor utbyggingsområdet. Særlig bemerkelsesverdig var en rekke JKS-anlegg øst for elva Breida, i et område som ikke er aktuelt for utbygging pga. villrein. Dette areal vil egne seg godt som bevaringsområde for JKS-anlegg i Ringeby.

Gålåvatnet, Sør-Fron kommune

Prognoseområdet i Gålå dekket ca. 6 km². I tillegg til aktuelle utbyggingsområder (3,5 km²) ble tilstøtende områder inkludert for å lage en kulturminneprognose i et litt større område (se figur 8). Sentralt i vestre del av området ligger et hyttefelt som ble regulert i 1997. Under utbyggingen kom man som nevnt tidligere i konflikt med et fangstsystem.

Prognosearbeidet viste at fangstsystemet fortsetter både nord og sør for eksisterende hyttefelt, og i tillegg strekker seg østover inn et annet planlagt utbyggingsområde. Basert på HD-DTMer kan det se ut som om fangstsystemet strekker seg helt fra kanten av Gålåvatnet og helt ned til bygda nede i dalen – med en samlet lengde på opp mot 10 km. Prognosen viser samtidig at man kunne ha unngått konflikt med kulturminnene ved å bygge ut 300 m lenger vest. Vest for det eksisterende hyttefelt ligger det også en rekke jernvinneanlegg, i likhet med andre områder rundt Gålåvatnet.

Synnfjell Syd, Nordre Land

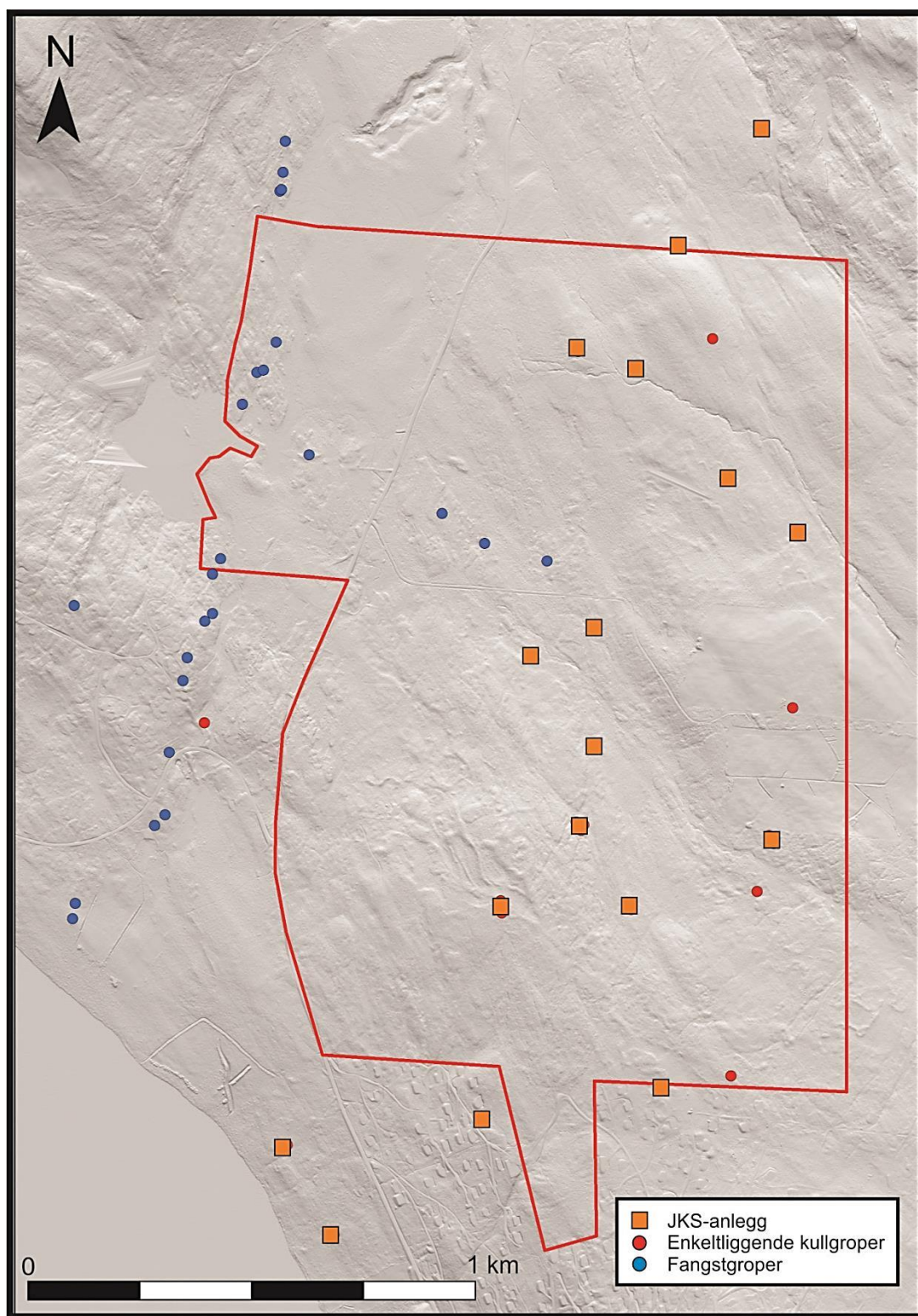
Synnfjell Syd er en 28 km² stor kommunedelplan. Hovedformålet for planen er å legge til rette for hytteutbygging. Tre områder innenfor planen fikk utarbeidet kulturminneprognose. I ingen av områdene var det store, synlige kulturminner. Derimot ble det funnet en mulig gravhaug (på 850 m.o.h.) i kanten av det østligste prognoseområde, som omfattet ca. 5 km². Ellers var det mange små kullgroper i det østligste prognoseområde, som ikke ble påvist verken visuelt på HD-DTMer eller ved automatisk deteksjon, rett og slett fordi de var for lite synlige. Dette medførte at det ikke var mulig å gi en kvalitativ bra prognose over kulturminneforekomstene utenfor de områdene hvor det ble utført verifikasjon på bakken. Det kan også antas at de små kullgrope henger sammen med jernfremstillingsplasser som ligger fritt i terrenget uten direkte fysisk kontakt med kullgrope. Slike ikke-synlige anlegg vil kreve intensiv prøvestikking for påvisning, noe som først gjøres i forbindelse med oppfyllelse av undersøkelsesplikt.

For å få et inntrykk av forekomsten av objekter som ikke fanges opp på HD-DTM (inkl. de små kullgrope) ble det foretatt samplingsbasert overflaterregistrering innenfor prognoseområdene. Dette arbeid viste at de små kullgrope primært var knyttet til det østligste prognoseområdet.

Ved fremtidig oppfyllelse av undersøkelsesplikten vil det særlig være kulturminner knyttet til seterområdene og eldre jernalders jernvinneanlegg som vil bli hovedproblemstillinger. Resultatet av kulturminneprognosen viser at det ikke ligger an til vesentlige konflikter mellom kulturminner og utbygging i Synnfjell Syd.

Synnfjell Øst

Synnfjell Øst er en 80 km² stor kommunedelplan, hvor det var ønskelig med utarbeidelse av kulturminneprognose innenfor ca. 12 km². Prognosearbeidet fikk en noe spesiell karakter siden vesentlige deler av området fikk oppfylt undersøkelsesplikt i forbindelse med reguleringsplaner i 2006. Dette medførte at det ikke var nødvendig med samplingsbasert overflaterregistrering. I stedet ble det primært kontrollert objekter påvist i



Figur 8. Kulturminneprognoseområdet ved Gålåvatnet, Sør-Fron. Kommunens planlagte reguleringsområde angitt med rødt polygon.

lidardataene ved visuell gjennomgang og/eller automatisk deteksjon.

Innen prognoseområdet var det en blanding av godt synlige og lite synlige kullgroper. På bakgrunn av verifikasjonsarbeidet i felt kan det antas at det er et større sammenhengende område med små kullgroper og frittliggende jernvinneanlegg øst for Synna-elva.

På bakgrunn av prognosearbeidet ligger det ikke an til vesentlige konflikter mellom kulturminner og utbygging. I likhet med Synnfjell Syd vil det i forbindelse med fremtidig oppfyllelse av undersøkelsesplikt særlig være kulturminner knyttet til seterområdene og eldre jernalder-jernvinneanlegg som vil være hovedproblemstillinger. I tillegg kommer prøvestikking etter steinalderboplasser og frittliggende jernvinneanlegg.

Kostnader ved kulturminneprogno

Kostnaden ved utarbeidelse av kulturminneprogno består av ulike deler, utenom innhenting av lidardata. Det brukes tid til tilrettelegging av dataene, automatisk deteksjon, visuell gjennomgang, kvalitetskontroll i felt og innlasting av registreringsdata i Askeladden. Frem til nå er det blitt utført kontroll i felt av de fleste antatt sikre kulturminner i forbindelse med prognose. I områder med mange kulturminner og stort areal (som Gravfjellet) vil kostnaden ved kvalitetskontroll i felt lett bli høy. Etter hvert som erfaringene med tolking av HD-DTMer blir større og tolkningen av dataene av stadig høyere kvalitet, vil behovet for kvalitetskontroll i felt bli mindre i områder med tydelige kulturminner. Kontrollen vil da først og fremst dreie seg om en overordnet vurdering av kvaliteten på fjernmålingen av kulturminnene og å avklare usikre objekter, særlig objekter som kan være problematiske i forhold til utbygging, for eksempel gravminner eller sammenhengende fangstsystemer.

Frem til nå er prognosearbeidet i forbindelse med overordnet arealplanlegging forskuttet av OFK under forutsetning om seinere inndekning i forbindelse med oppfyllelse av undersøkelsesplikt på kommunedelplan-nivå. De økonomiske forholdene er regulert i en avtale med den enkelte kommunen. Hvis planarbeidet ikke er kommet i gang i løpet av de første fem årene etter prognosen har den enkelte kommunen stilt økonomisk garanti for dekning av kostnaden til kvalitetskontroll i

felt. Denne fremgangsmåten i forbindelse med prognosearbeid baserer seg på en frivillig avtale mellom OFK og berørte kommuner, godkjent av Riksantikvaren.

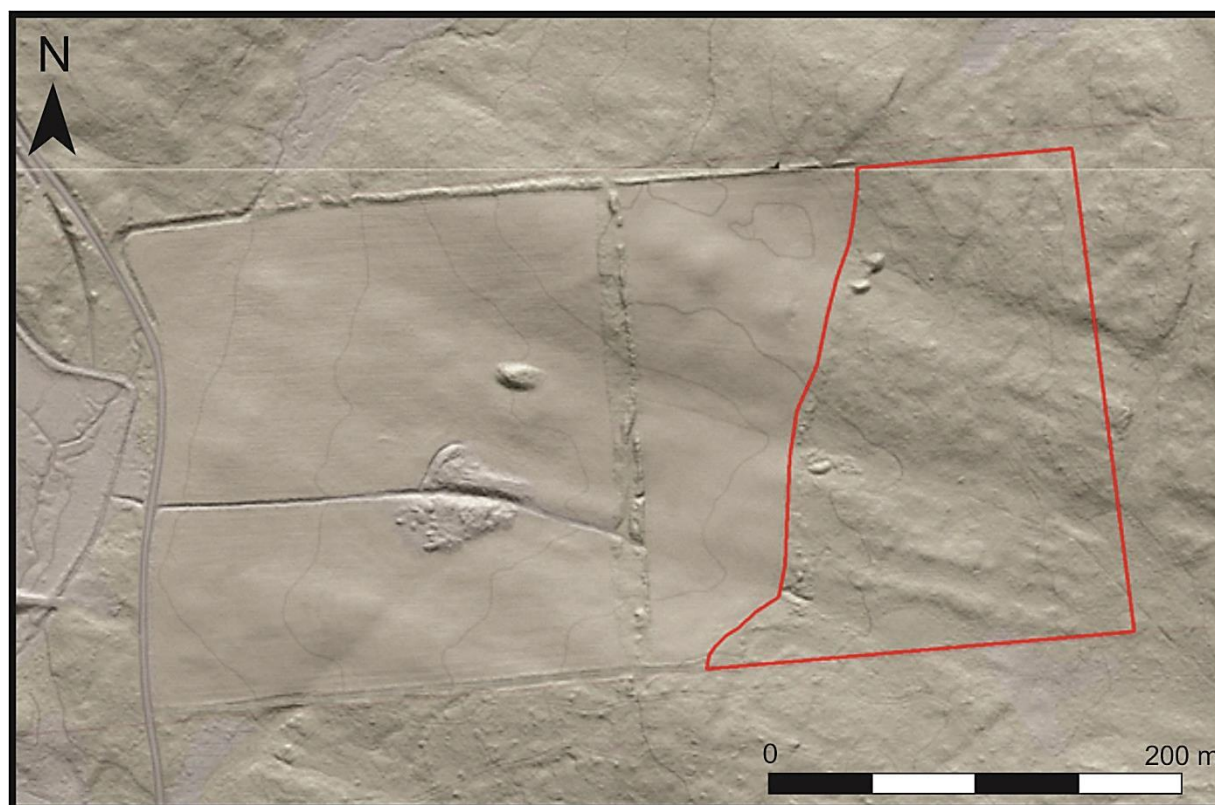
7. PRIORITERING OG RESPONSTID

Selvfølgelig kunne man ønske at alle saker som berører kulturminner kunne behandles like grundig, men i realiteten tillater rammene for kulturminneforvaltningen ikke dette. En del saker avskrives uten videre behandling fordi de er for små eller vurderes ikke å medføre negative konsekvenser for kulturminner. En del saker må åpenbart behandles fordi de berører kjente kulturminner eller er av stort omfang. Det blir da igjen et betydelig antall saker hvor det skal vurderes om befaring er nødvendig eller om saken kan avskrives eller besvares med standardbrev. Dette vil som regel dreie seg om mindre saker, og i vesentlig grad saker hvor kulturminnevernet må bekoste befaringen selv. Tilgang til HD-DTM kan bidra til å kvalitetssikre siling av slike saker, spare inn unødvendige befaringer og bringe responstiden ned på saker som ikke skal befares.

Saksgang

Ved kulturarvenheten i OFK brukes lidardataene i silingsprosessen på følgende måte: I saker hvor man er i tvil om befaring sjekkes Askeladden og HD-DTM, vanligvis inklusive konstruksjon av lokal relief modell og visuell kontroll av de automatiske deteksjoner som Norsk Regnesentral har foretatt. Hvis det gjøres funn som bør sjekkes går saken til befaring. Hvis det ikke gjøres funn, gjøres det en vurdering av potensialet for lite synlige/ikke-synlige kulturminner. Et det et slikt potensial går saken til befaring. Er det et lavt eller ikke et potensial for lite synlige/ikke-synlige kulturminner avskrives saken med standardbrev.

Responstiden på saker som avskrives etter å ha vært vurdert for befaring går naturligvis betydelig ned, sammenlignet med den tiden ville tatt å måtte avvente befaring, rapportering og alt som følger med.



Figur 9. Nydyrkingssak nær Losætra i Ringeby. Planlagt nydyrkingsområde angitt med rødt polygon. Det er få kjente kulturminner i området, og visuell gjennomgang av HD-DTM i og rundt det aktuelle nydyrkingsområde ga ingen funn av sikre kulturminner. Saken ble ikke befart.

Verdien på en slik forbedret siling er åpenbar, og det er derfor en fare for at man bruker lavoppløste lidardata for samme formål. En slik fremgangsmåte advares det mot. Lavoppløste lidardata kan ikke brukes for et slikt formål, da man på en lavoppløst DTM kun kan påvise, men ikke avkrefte forekomsten av kulturminner.

Eksempler på saker med bruk av lidardata

I 2012 fikk kulturarvenheten inn en nydyrkingssak i nærheten av Skotta seter i Ringeby (se figur 9). Dette var før OFK hadde tilgang på HD-lidardata fra Ringeby. Det var nesten ingen kulturminnedata i området. Saken gikk til befaring og budsjett ble sendt ut. I mellomtiden kom det inn HD-lidardata fra området, hvor det også skulle utføres prognosearbeid. Dataene i hele Skottåsen ble gjennomgått og det ble kun funnet enkelte kulturminner nær nydyrkingssaken. Innenfor det planlagte nydyrkingsområdet ble det ikke funnet kulturminner, og potensialet for lite synlige/ikke-synlige kulturminner ble vurdert til å være lavt. Befaringsvarslet ble følgelig trukket.

Lenger sørvest på Skottåsen kom det inn en tilsvarende nydyrkingssak omtrent samtidig. Her var det kjent enkelte kullgroper fra Askeladden. En gjennomgang av HD-DTMer viste at det var en betydelig forekomst av kullgroper i området, også innenfor nydyrkingsarealet. Saken gikk til befaring.

8. GEOMETRI

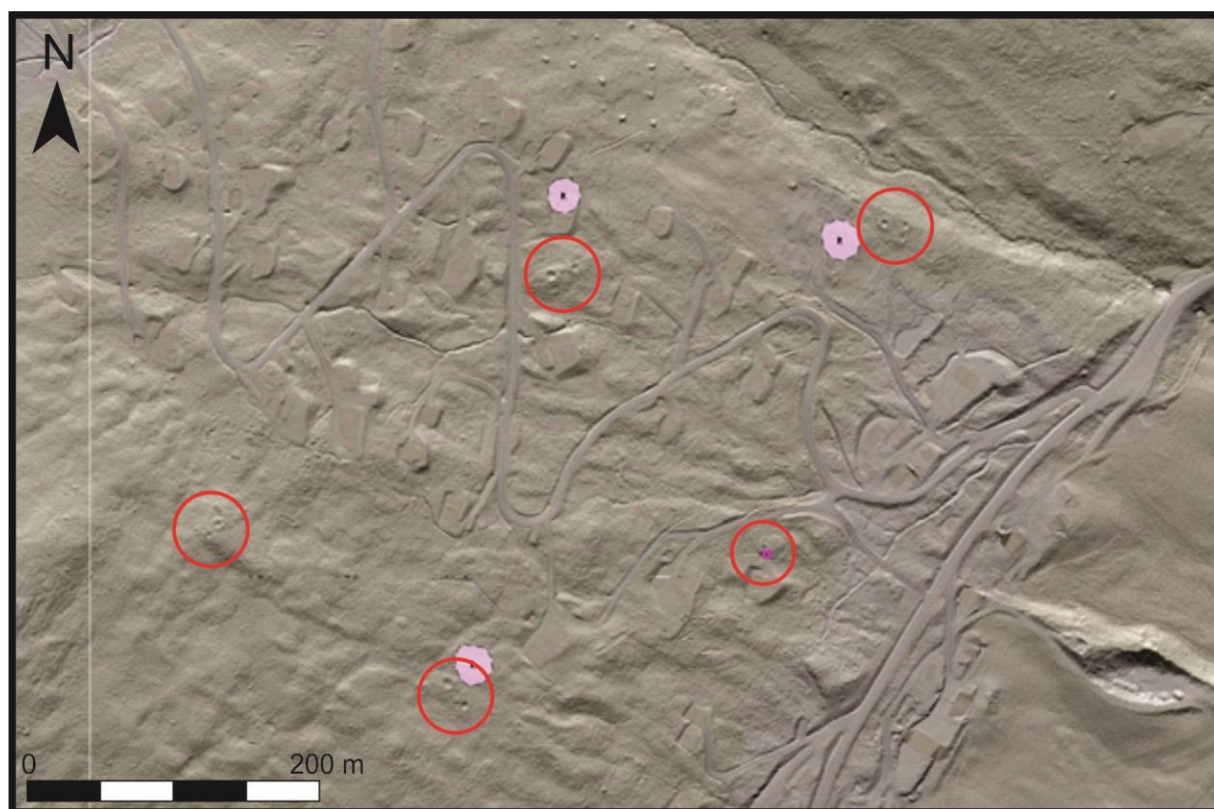
En av de største utfordringene innen kulturminneforvaltningen er den lave kvaliteten på stedfestingen av allerede kjente kulturminner. Det er ikke uvanlig at kulturminner innmålt ved eldre registreringer er plassert 50-100 m feil (se figur 10). At slike feil på geometrien kan få alvorlige konsekvenser sier seg selv. I forbindelse med reguleringsplaner er kravene til stedfesting i dag så strenge at kun objekter innmålt med GPS med CPOS- eller DPOS-korreksjon oppfyller kravene. Men selv mindre feil kan være alvorlige nok, også i skogen utenfor regulert område. I dag er mange hogstmaskiner utstyrt med GPS-tablets med innlagte temadata, deriblant kulturminner. Hensikten er å unngå hogst og skade på verneverdig natur og kulturminner. Selv med bruk av håndholdt GPS til innmåling av kulturminner i skog beheftet med en usikkerhet på 5 m eller mer, og dette kan føre til at skogen blir stående igjen på den antatte

plassering av kulturminnet, mens hogsten utføres på selve kulturminnet.

Erfaringene med bruk av HD-DTMer til geometriforbedring viser at det er lett å korrigere stedfestingen av godt synlige objekter. Nøyaktigheten blir da 0,5 m eller bedre. Er det mange tidligere registrerte kulturminner i samme område kan det være vanskelig å tolke hvilke av de unøyaktig innmålte objektene som er hvilket av de objektene som er synlige på HD-DTM.

I tillegg er det mulig å generere enkeltminner til lokaliteter som mangler slike. Det er også vanlig at lokaliteter med enkeltminner viser seg å være ufullstendige fordi det kan ses flere enkeltminner på HD-DTM enn de som finnes i Askeladden.

Etter å ha korrigert geometri på allerede innlagte lokaliteter og enkeltminner i Askeladden er det en generell erfaring at størrelsen på objektene øker. Med andre ord er den originale innmålingene av objektene i utgangspunktet for knapp.



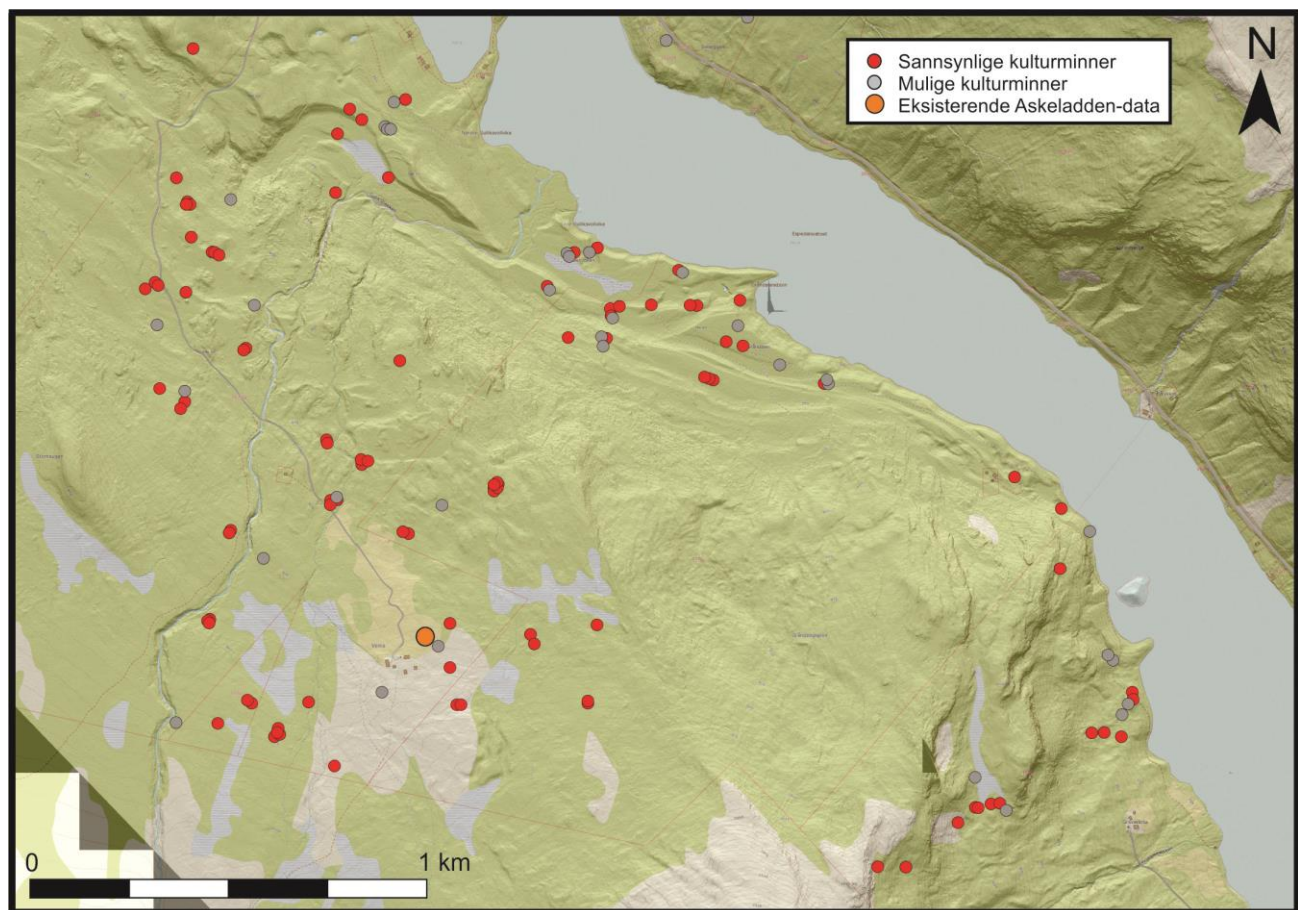
Figur 10. Hyttefelt i Skåbu, Nord-Fron. Eksisterende Askeladden-data (JKS-anlegg og kullgroper) angitt i rosa. Reell plassering av kulturminnene angitt med rød sirkel. Korrigering av stedfesting kan gjøres direkte på dataskjerm.

9. EFFEKTIVISERING AV REGISTRERING

En erfaring etter introduksjonen av HD-lidardata i kulturminneforvaltningen i Oppland er at det i noen tidligere befarte saker dukker opp synlige kulturminner, som ikke er funnet i forbindelse med oppfyllelse av undersøkelsesplikt. At kulturminner kan bli oversett ved oppfyllelse av undersøkelsesplikt er ikke noe ukjent fenomen. Årsakene er som regel at tiden for registreringen kan være for knapp, forholdene kan være vanskelige med høy vegetasjon og/eller at feltarbeologen kan ha gjort en for dårlig jobb. I Oppland dreier dette seg foreløpig om jernvinneanlegg og kullgroper. Men det kan være alvorligere enn som så: I 2008 ble det i et annet fylke funnet et ikke-registrert gravfelt innenfor godkjent reguleringsplan, noe som påførte fylkeskommunen en betydelig utgift til arkeologisk undersøkelse, siden tiltakshaver ikke kan belastes når kulturminnet dukker opp etter at reguleringsplanen er vedtatt (<http://old.hedmark.org/article.aspx?m=4663&amid=67811>).

Når man har tilgang til HD-lidardata i forbindelse med oppfyllelse av undersøkelsesplikten får man samtidig en kvalitetssikring i registreringsarbeidet (se figur 11). Godt synlige kulturminner vil nesten alltid også være synlige på HD-DTM og vil ikke bli oversett i felt. Samtidig kan mindre synlige objekter, som ikke er umiddelbart tolkbare på HD-DTM, sjekkes. Det er også vanlig at mindre synlige kulturminner kan gjenfinnes på HD-DTMen når de først er stedfestet.

Et annet vesentlig moment er at oppmålingsarbeidet i felt knyttet til synlige kulturminner kan minimeres. Objektene ses jo tydelig på HD-DTM og kan få sin størrelse beskrevet direkte fra DTMen. Det er også mulig å gjøre profilsnitt gjennom for eksempel kullgroper og få frem dybde på gropa og høyde på vollen på en enkelt måte. I denne forbindelsen er det imidlertid viktig å være obs på at den digitale terrengmodellen kan inneholde en del lav bakkevegetasjon også, og at det teoretisk sett kan føre til at høyde/dybde mål kan bli feil. En studie av nøyaktigheten ved lidarbaserte oppmålinger av kulturminner er publisert i Risbøl 2010.



Figur 11. Registreringsområde ved Venlia i Espedalen i Sør-Fron. Registrering planlagt i 2013. Markeringene er basert på visuell tolkning av HD-DTM, støttet av automatisk deteksjon.

10. VERDI AV HD-LIDARSKANNING FOR ANDRE GEOGRAFISKE OMRÅDER

OFK har hatt meget gode resultater med bruk av HD-lidarskanning til kulturminnekartlegging, men forholdene i fylket ligger også særlig godt til rette for slik kartlegging. Skog og utmark i midtre og nordre deler av Oppland er fylt med godt synlige kulturminner, som til og med ligger sammen i grupper eller linjer. JKS-anlegg finnes for eksempel stort sett bare i Oppland. I de store jordbrukslandskap i sør ligger gravhaugene tett. Lignende forhold, både kulturminnemessig og topografisk, finner man i Hedmark og tilstøtende deler av Buskerud. Slik er det ikke overalt i Norge. Hvilken nytteverdi har lidarskanning for kulturminnevernet, hvis kulturminnene ikke er så godt synlige, ikke så tallrike og topografien er annerledes? Har det nytteverdi i forhold til for eksempel geometriforbedring? Kan det finnes kulturminner som ikke tidligere er registrert og som kan erkjennes på HD-DTM?

For å undersøke dette er det foretatt produksjon av DTMer i fem testområder i Møre og Romsdal, Vest-Agder og Akershus. Testområdene er valgt ut på bakgrunn av Kartverkets lidar-wms, som viser skannede områder og hvilken standard disse er skannet etter. HD-lidarskanning er begrenset i omfang utenfor Oppland, og utvalget av testområder var derfor begrenset. Etter produksjon av DTMer viste det seg at kun tre av de fem testområdene kunne brukes.

Testområdet i Mandal, Vest-Agder, inneholder en variert ytre kysttopografi med et betydelig innslag av gravhauger. Området (som omfatter hele kommunen) ble lidarskannet i 2007. Det foreligger et DTM 10 4,2 pkt datasett fra denne skanningen. Det viste seg dessverre at det ved prosessering av rådata fra skanningen var brukt en algoritme med høy terskel for godkjenning av bakkepunkter. Dette har medført at det i områder med vegetasjon er få bakkepunkter. Datasettet kunne derfor ikke anvendes i testen, da gravhaugene var vanskelig å erkjenne i DTMen.

Testområdet fra Asker i Akershus inneholder en variert indre kyst topografi med et betydelig innslag av gravhauger. Det er tettere og høyere løvskog her enn i Mandal. Det foreligger et DTM10 10 pkts datasett fra

2012, som burde ha egnet seg godt for en analyse.

Dessverre viste dette datasettet seg å være innsamlet til bruk i skogstaksering. Det var følgelig skannet midt i vekstsesongen og vegetasjonspenetreringen var så dårlig at kulturminnene kun kunne erkjennes i mindre, åpne områder. Dermed kunne datasettet ikke brukes i testen.

Det gjensto da tre datasett, alle fra Møre og Romsdal. Disse gjennomgås nedenfor. Det hadde vært en fordel med et testeksempel av et større sammenhengende jordbrukslandskap med gravhauger, men det har ikke lyktes å skaffe et slikt HD-lidardatasett. Spørsmål rundt lidar og gravhauger er imidlertid godt belyst av eksemplene fra Møre og Romsdal. Våren 2013 er det gjennomført en storskala lidarskanning av Toten, men dataene foreligger ennå ikke.

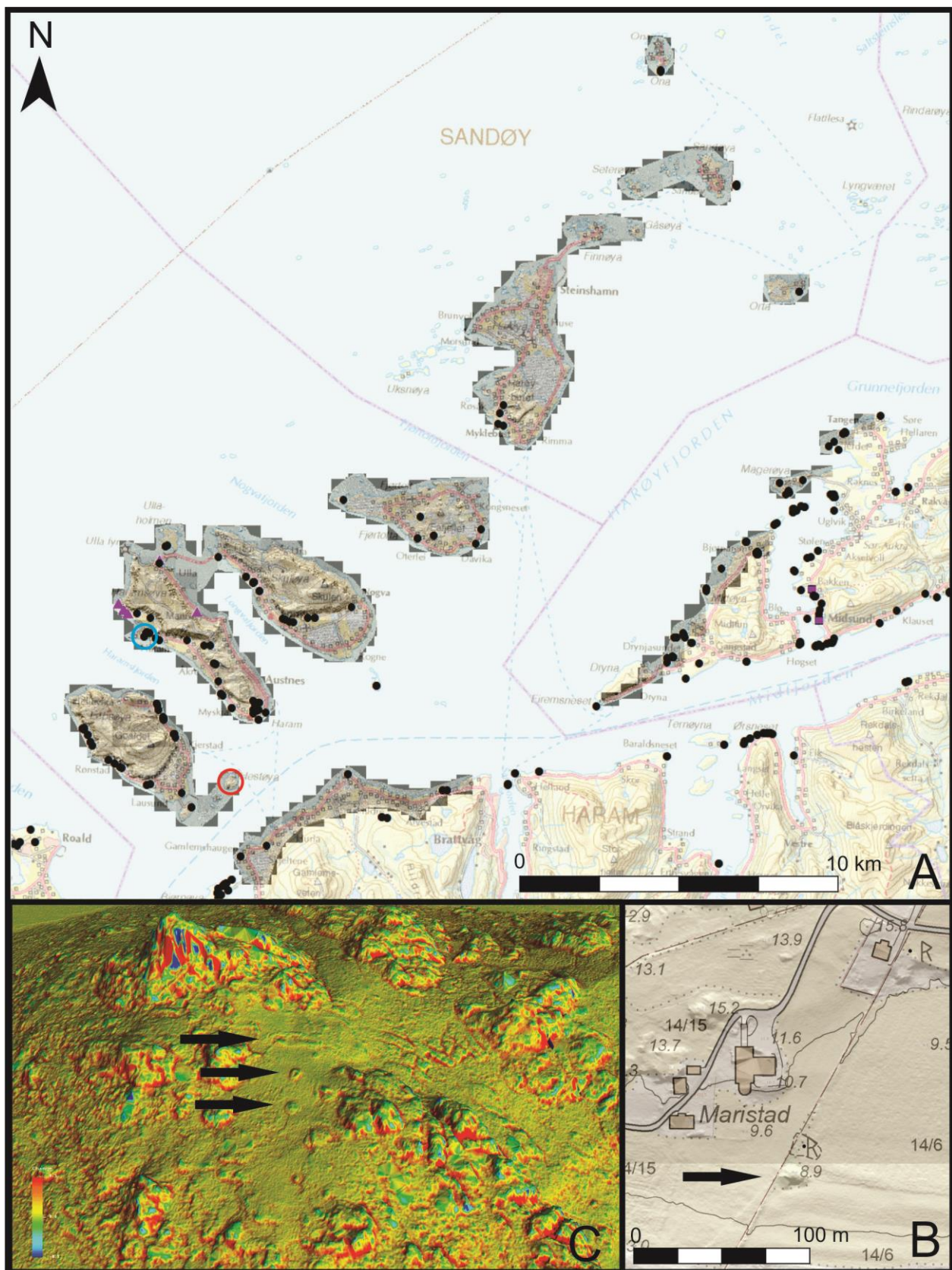
Ytre kyststrøk, Møre og Romsdal

Testområdet i ytre kyststrøk i Møre og Romsdal omfatter Geovekstprosjektet LACHMR96, DTM 10 2 pkt, innsamlet i 2010 (se figur 12a). DTM 10 2 pkt er i utgangspunktet litt for lavoppløst for kulturminnekartlegging, men det er lite skog i disse kyststrøkene. Forskjellen mellom antall første- og bakkereturer blir dermed liten, bortsett fra lokalt i forbindelse med plantet gran. Lidarskanningen omfatter ca. 73 km² med landareal, fordelt med 65 km² på større og mindre øyer og 8 km² på fastlandet. Landskapet inneholder både lave øyer og øyer med fjell og lave områder rundt. De synlige kulturminnetypene innenfor testområdet er primært gravhauger og –røyser.

Analysen av lidardatasettet viste at de fleste av de kjente gravrøysene kunne ses på skanningene, og at nesten samtlige hadde lav kvalitet på innmålingen (se figur 12b). Enten var avgrensingen for snever, eller gravminnet hadde feil stedfesting – opp til 20 m.

Det ble i ett tilfelle funnet et ikke tidligere kjent mulig kulturminne – antagelig et gårdsanlegg med en 30 m lang tuft og to gravrøyser på en i dag ubebodd øy (figur 12c), ennå ikke verifisert i felt.

Med det foreliggende lidardatasettet er nok Geovekst sine behov for kartlegging dekket for en god stund fremover, slik at en egen ny HD-lidarskanning for kulturminneformål ikke ser aktuell ut. Slik situasjonen er for testområdet i dag vil man kunne benytte eksisterende

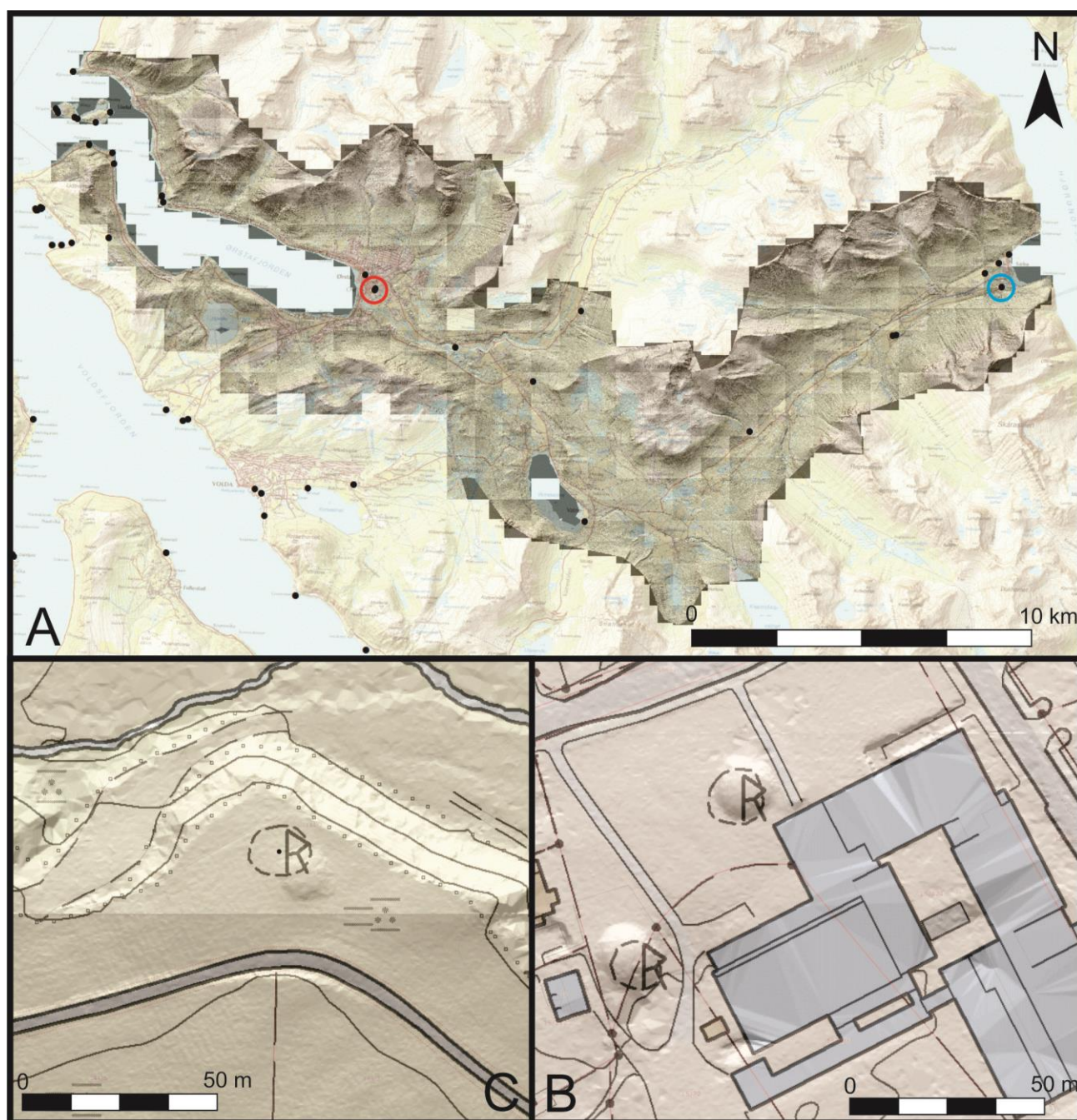


Figur 12. Testområdet i ytre kyststrøk i Møre og Romsdal. A: Utstrekningen av lidarskanningen. Gravhauger markert med svart prikk, røyser med lilla trekant. Blå sirkel viser plassering av figur B, rød sirkel figur C. B: Eksempel på gravhaug, hvor DTM viser at eksisterende stedfesting er mangelfull. C: 3D-gjengivelse av lokal relieff modell som viser mulig gårdsanlegg. Øverste pil viser mulig tuft (ca. 30 m lang), de to nederste pilene mulige gravhauger. Nederste objekt er ca. 10 m i tverrmål.

lidardata i testområdet til å korrigere geometri på en rekke gravhauger, og som grunnlag for nyregistrering av synlige kulturminner.

Hvis området skulle skannes for første gang viser den visuelle analysen at det ville vært fordelaktig med en DTM 10 5 pkt lidarskanning frem for DTM10 2 pkt. Hvis kulturminneforvaltningen hadde planlagt en oppdatering av kvaliteten på dataene for synlige kultur-

minner i Askeladden innen området ville tilgang til HD-lidardata vært en betydelig hjelp til effektivisering av dette arbeid. Antagelig ville utgiften til et bidrag fra kulturminneforvaltningen på 30-35 % til lidarskanningen etter modellen i Oppland vært noe i overkant i forhold til nytteverdien. Et bidrag på nærmere 20 % vil nok være økonomisk regningssvarende i forhold til å gjøre jobben på vanlig måte, utelukkende med feltpersonale og



Figur 13. Testområdet i Ørsta kommune i mellomste fjordstrøk i Møre og Romsdal. A: Utstrekningen av lidarskanningen. Gravhauger markert med svart prikk. Rød sirkel viser plassering av figur B, blå sirkel figur C. B og C: Eksempler på gravhauger, hvor DTM viser at eksisterende stedfesting er mangelfull.

manuell innmåling i felt. I tillegg kommer gevinsten ved at enkelte ikke tidligere kjente synlige kulturminner fanges opp, da lidarkartleggingen gjelder hele landarealet, ikke bare områder hvor man tror det er kulturminner.

Mellomste fjordstrøk, Møre og Romsdal

Testområdet i mellomste strøk i Møre og Romsdal omfatter Geovekstprosjektet LACHMR05, DTM 10 2 pkt i Ørsta kommune (se figur 13a). Som nevnt er DTM10 2 pkt noe lavt for kulturminnekartlegging, og i mellomste fjordstrøk gjør et høyere innslag av skog at antallet bakkepunkter blir mer redusert enn i ytre kyststrøk. Lidarskanningen omfatter ca. 170 km² med landareal. Området er veldig kupert og består av dalstrøk omgitt av bratte fjellsider. De synlige kulturminnetypene innen testområdet er primært gravhauger og -røyser.

Analysen av lidardatasettet viste at noen av de kjente gravhaugene kunne ses på skanningen og at disse hadde lav kvalitet på innmålingen (figur 13a og b). Det ble ikke funnet ikke tidligere kjente kulturminner på HD-DTM.

Med det foreliggende lidardatasettet er nok Geovekst sine behov for kartlegging dekket. Slik situasjonen er for testområdet i dag vil man kunne benytte eksisterende lidardata i testområdet til å korrigere geometri på enkelte gravhauger.

Hvis området skulle skannes for første gang viser den visuelle analysen at det ville vært fordelaktig med et DTM 10 5 pkt lidardatasett, da flere av de vanskelig synlige gravhaugene da kanskje kunne vært stedfestet. Antallet synlige kulturminner innen testområdet er imidlertid så lavt i forhold til områdets størrelse at det for nytteverdien sin del ikke ville vært regningssvarende å bidra med 30-35 % fra kulturminneforvaltningens side. Kanskje 10 % er et mer riktig bidrag.

Indre fjordstrøk, Møre og Romsdal

Testområdet i indre fjordstrøk i Møre og Romsdal omfatter Geovekstprosjektet LACHMR14, DTM 10 5 pkt, innsamlet i 2012 (se figur 14a). Lidardatasettet har HD-kvalitet fordi det er innsamlet primært for bruk ved risikokartlegging for skred, og da trengs det mange bakkepunkter. Skanningen omfatter 121 km² landareal. Området er en typisk dal innenfor fjord, med bratte

fjellsider og forholdsvis flat dallbunn. De synlige kulturminnetypene innenfor testområdet er primært gravhauger og -røyser.

Analysen av lidardatasettet viste at de fleste av de kjente gravrøysene kunne ses på skanningene, og at nesten samtlige hadde lav kvalitet på innmåling. Enten var avgrensingen for snever, eller gravminnet hadde feil stedfesting. Dette ble særlig tydelig i forbindelse med kjente gravfelt (se figur 13b). Det ble funnet enkelte ikke tidligere kjente kulturminner – bl.a. hulveier, og fossile dyrkingsspor.

Slik situasjonen er for testområdet i dag vil man kunne benytte eksisterende lidardata i testområdet til å korrigere geometri på en rekke gravhauger, og som grunnlag for nyregistrering av synlige kulturminner.

Hvis området skulle skannes for første gang, så ville kulturminneforvaltningen kunne vært en aktuell bidragsyter. Arealet er likevel så stort og antallet kulturminner begrenset, slik at et bidrag på mer enn 20 % neppe vil være regningssvarende.

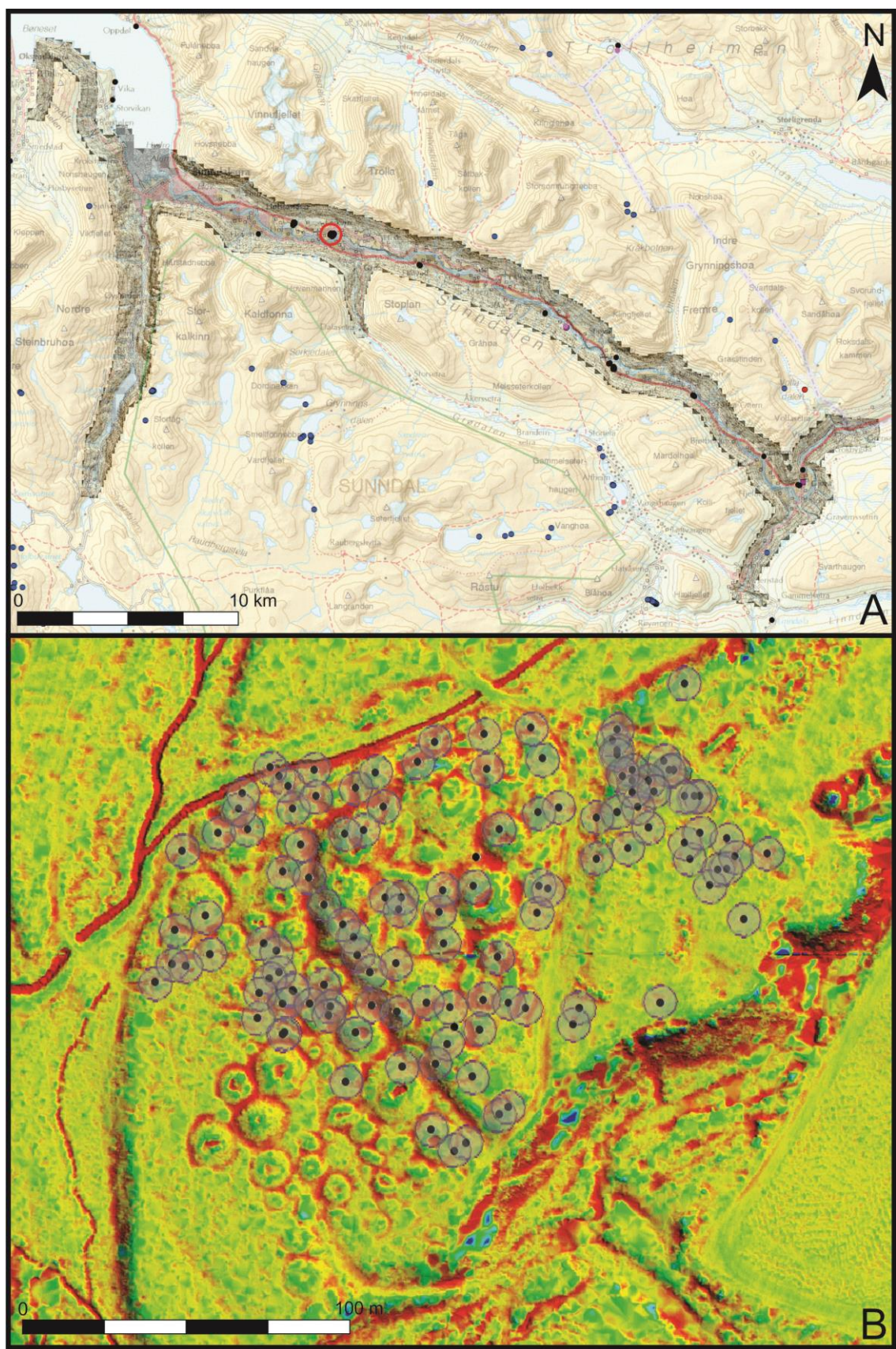
Diskusjon

Konklusjonen etter testen i Møre og Romsdal er at alle tre testområder ideelt sett kunne vært HD-lidarskannet, og at dataene ville hatt verdi for kulturminneforvaltningen, mest for geometriforbedring og til en viss grad også for erkjennelse av ikke tidligere kjente kulturminner.

Hvis lidardataene skal inngå i en kvalitetsheving for kulturminnedata som også innbefatter tilstandsrapportering, kan de ikke helt erstatte feltbefaringer. De vil likevel kunne effektivisere et slikt arbeid. I tillegg vil HD-lidarskanning av et kulturminne dokumentere tilstedeværelsen og det topografiske uttrykk på et gitt tidspunkt. Dette vil for eksempel være viktig dokumentasjon dersom kulturminnet senere blir fjernet ulovlig.

Siden det er en betydelig forekomst av ikke-synlige kulturminner innen de lidarskannede testområder (steinalderboplasser og kultur-/dyrkingslag) kan ikke bruk av lidardata erstatte befaring i felt innen testområdene.

Nytteverdien for kulturminneforvaltningen er størst i de ytre kyststrøk, og minst i mellomste fjordstrøk. Dette henger primært sammen med frekvensen av synlige



Figur 14. Testområdet i indre fjordstrøk i Møre og Romsdal. A: Utstrekningen av lidarskanningen. Gravhauger markert med svart prikk, fangstgroper med blå prikk. Øvrige markerte kulturminner er i hovedsak knyttet til utmark.. Rød sirkel viser plassering av figur B. B: Eksempler på gravfelt (Askeladden 107914/107927, hvor DTM i lokalt relieff viser at eksisterende stedfesting av enkeltminner i Askeladden (grå sirkel med svart prikk) er av lav kvalitet.

kulturminner. I ytre kyststrøk og indre fjordstrøk kan det også erkjennes ikke tidligere registrerte kulturminner, men antallet er ikke høyt, og slett ikke i samme målestokk som i skogen i Oppland.

Konsekvensen av dette er at et prosentvis bidrag til HD-lidarskanning i Møre og Romsdal i samme størrelsesorden som i Oppland (30-35 %) neppe vil være økonomisk fornuftig i forhold til å gjøre kvalitetsheving i form av geometriforbedring og tilstandsrapportering på

tradisjonell måte gjennom bruk av feltpersonale med CPOS. I tillegg kommer at lidarskanningskostnadene i Møre og Romsdal er høyere pr. arealenhet enn i Oppland (Kari Aalvik Buset, muntlig medd.). Samtidig er det slik at omfanget av HD-lidarkartlegging i Møre og Romsdal vil være av begrenset omfang, også i fremtiden, hvis ikke kulturminneforvaltningen bidrar økonomisk.

11. STATUS FOR BRUK AV LIDARDATA I KULTURMINNEFORVALTNINGEN I NORGE

I forbindelse med arbeidet med denne FoU-en har det vært kontakt med en rekke fylkeskommuner for å kartlegge i hvor stort omfang lidardata anvendes i kulturminneforvaltningen, og hvilke utfordringer en slik bruk møter.

Kulturminneforvaltningen i alle fylkeskommuner har vært kontaktet. Ca. 2/3-del har svart på henvendelsen. Ut fra det undertegnede ellers kjenner til bruken av lidardata i kulturminneforvaltningen i fylkeskommunene via andre kanaler, er det grunn til å anta at de fylkeskommuner som ikke har svart på henvendelsen ikke arbeider aktivt med slike data pr. nå. Dette kan ha flere grunner, for eksempel er det få eller ingen lidardata i enkelte fylker.

Omfang

Kontakten med fylkeskommunene viser at fem fylkeskommuner arbeider aktivt med lidardata i tillegg til Oppland. Dette dreier seg om Vestfold, Hedmark, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Finnmark. Noen av disse fylkeskommunene har bidratt økonomisk til lidarskanninger for å få punkttettheten opp til et tilfredsstillende nivå, men områder med HD-lidardata er sterkt begrenset. Den unisone tilbakemeldingen fra fylkeskommunene som arbeider aktivt med lidardata er at dette er veldig nyttig, særlig i forhold til befaringer og kvalitetsheving av Askeladden.

Ca. halvparten av de øvrige fylkeskommunene er i startgropa i forhold til bruk av lidardata. Inntrykket er at det er en terskel for å komme i gang med lidarjobbingen og at dette knytter seg til tilgang på programvare og tilstrekkelige tidsressurser.

Kompetansebehov

Det er et klart uttrykt behov fra fylkeskommunes side å få hevet kompetansen ved bruk av lidardata. Slik det er nå, sitter det spesielt GIS- og lidarinteresserte i enkelte fylkeskommuner og jobber med dette på egen hånd. Kompetansen, med henblikk på generering av DTMer,

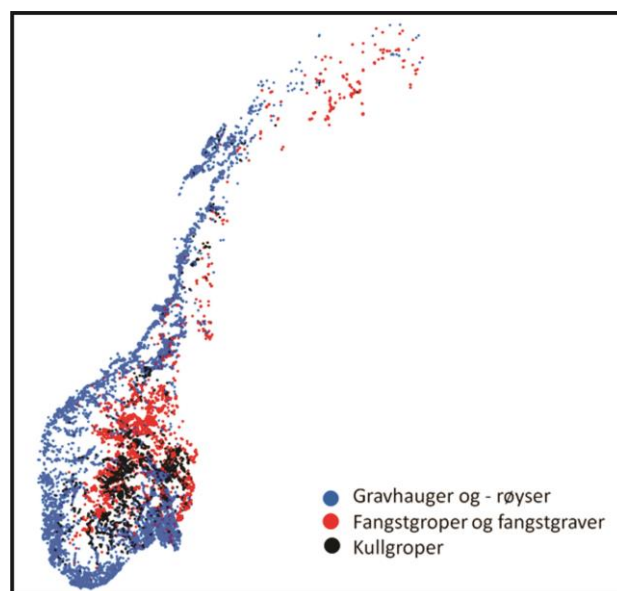
visualiseringsteknikker og tolkning av lidardata, er i liten grad spredd utover i organisasjonen.

Skal bruken av lidardata få utløst det store potensiale som ligger der, bør følgende forarbeid gjøres:

Lidardata bør være tilgjengelig på en enkel måte for nedlasting. En slik forvaltningsløsning lages nå av Kartverket, med planlagt oppstart første halvår 2014. Dette vil ventelig føre til en mye større bruk i kulturminneforvaltningen i løpet av 2014.

Det bør lages en guide for god lidarpraksis i kulturminneforvaltningen i Norge slik det er gjort i andre land (se f.eks. Crutchley & Crow 2010). Denne guiden bør stå ferdig til lidardata blir lett tilgjengelige gjennom den nye forvaltningsløsningen. Guiden bør bl.a. beskrive styrken og svakheten ved lidardata. Det er viktig at tilgang til lidardata ikke fører til at kulturminneforvaltningen begynner å bruke slike data ukritisk, for eksempel ved bruk av lavoppløste lidardata til å avskrive saker uten befaring.

Det bør også lages et kursopplegg for grunnleggende lidarbruk i kulturminneforvaltningen som dekker generering av DTMer, visualiseringsteknikker og tolkning, gjerne integrert med feltkontroll.



Figur 15. Kart som viser spredning av de mest vanlige kulturminnetyper i Norge. Alle disse kan fanges opp ved lidarskanning.

12. OPPSUMMERING OG DISKUSJON

Data fra lidarskanning vil i de kommende årene revolusjonere kulturminneforvaltningen i deler av Norge. Tilgang til DTM vil bli et viktig verktøy i prioritering av saker, effektivisering og kvalitetssikring av feltarbeid og kvalitetsheving av Askeladden. Nytteverdien vil imidlertid variere betydelig fra region til region.

I områder med mange synlige, men ikke kartlagte kulturminner er HD-lidarskanning et ypperlig kartleggingsverktøy. Dette gjelder for eksempel det indre Østlandet, hvor situasjonen er særlig prekær pga. utbygging og skogbruk som utgjør et press på disse kulturminnene.

I områder med mange synlige og kartlagte kulturminner med dårlig stedfesting er HD-lidarskanning et godt verktøy til å forbedre geometrien, slik at den når den standard som er nødvendig i forbindelse med arealplanlegging. Dette gjelder store deler av jordbruksarealene og kyststrøkene i Norge.

I områder med enkelte synlige og kartlagte kulturminner med dårlig stedfesting (og hvor det ikke antas å være ikke-kartlagte synlige kulturminner) kan det være en mer kostnadseffektiv løsning å gjøre ny innmåling i felt av de enkelte kulturminner med DPOS/CPOS.

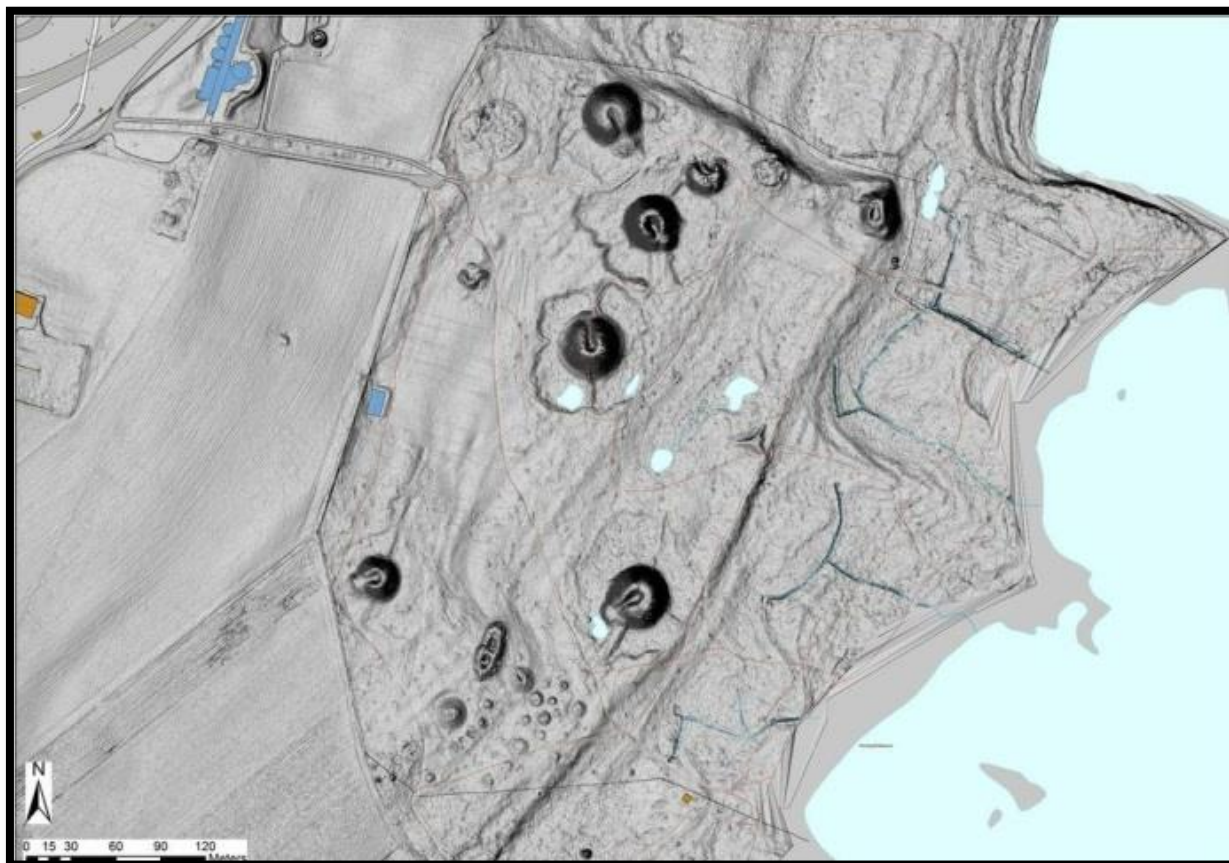
Det vil være områder over tregrensen hvor det forekommer synlige kulturminner, og da særlig fangstgroper/-graver. Disse områdene har stor utstrekning og vil derfor være kostbare å skanne. Samtidig er det lite eller ingen press på kulturminnene i disse områdene, da det ikke foregår verken hyttebygging eller skogsdrift – noen områder er i tillegg verneområder. Behovet for høy nøyaktighet for kulturminnedataene i slike områder er derfor mindre, og håndholdt GPS kan være tiltrekkelig inntil det evt. innkommer saker.

En vesentlig nytteverdi ved HD-lidarkartlegging er at kulturminnenes topografiske uttrykk blir dokumentert ved skanningstidspunktet. Dette er viktig hvis det senere gjøres ulovlige inngrep i det skannede kulturminnet. OFK har allerede hatt flere saker hvor dette er skjedd, bl.a. en nydyrkingssak hvor kullgroper var fjernet etter at området var lidarskannet.

Storskala lidarkartlegging av synlige kulturminner er også et vesentlig moment i forhold til økt kvalitet på konsekvensutredninger. Slik kartlegging vil, hvis den gjentas med jevne mellomrom, også gi mulighet for større kontroll med endringsprosesser. Man vil kunne få utpekt områder hvor det har skjedd vesentlige topografiske endringer siden forrige lidarskanning og kunne sammenholde det med geografisk informasjon fra Askeladden.

Eksempelene fra vellykket lidarskanning de siste årene er etter hvert mange, og det er neppe noen kulturminneforvaltningsenheter som ikke ønsker å bruke slike data. Utfordringen er at verdien av lidardata er meget begrenset dersom de er av DTM20 0,7 pkt standard eller dårligere, noe som gjelder størsteparten av lidarskanningsdataene i Norge. De er samlet inn for etablering av høydegrunnlag, ikke for kulturminneformål. Som eksemplet fra Asker viser kan selv DTM 10 10 pkts data samlet inn for skogstaksering være lite anvendelige for kulturminnekartlegging pga. skanningstidspunktet.

Skal lidardataene brukes i kulturminneforvaltningen bør lidarskanningen skje i et samarbeid med denne forvaltningen. Slik kan man påvirke skanningsarealet, punkttetthet, skanningstidspunkt og til og med kanskje prosesseringen. Utfordringen er at dersom en slik påvirkning skal få gjennomslag i prosjektprosessen så er det helt nødvendig at kulturminneforvaltningen bidrar økonomisk. Hvor stort dette bidraget bør være vil avhenge av de enkelte prosjektene og i hvor stor grad kulturminneforvaltningen ønsker å påvirke parametrene for lidarskanningen. I eksemplene fra Møre og Romsdal kunne kulturminneforvaltningen ta i bruk DTM10 5 pkts data fra Sunndal uten å behøve å ha påvirket skanningsprosessen i det hele tatt, kanskje bortsett fra skanningstidspunkt. I lidarskanningen i ytre kyststrøk ville kulturminneforvaltningen kunne bidratt til å heve punkttettheten. I skanningen i mellomste fjordstrøk kunne kulturminneforvaltningen bidratt til å heve punkttettheten, men antallet synlige kulturminner er så lavt at et større økonomisk bidrag ikke ville være økonomisk fornuftig. Spørsmålet er imidlertid: Hvor skal pengene ved økonomiske bidrag fra kulturminneforvaltningen til lidarskanning komme fra?



Figur 16. DTM fra Borre, Vestfold. Hillshade med 20 % gjennomsiktig sloperaster over. Gridstørrelse er 20 x 20 cm. Punkttetthet er 10 punkt/m². Laget av Christer Tonning, Vestfold fylkeskommune.

I OFK har man en betydelig økonomisk ramme til å bidra til påvirkning av parametre ved lidarskanninger. Rammen er stor nok til at kulturarvenheten kan initiere lidarskanning for kulturminneformål gjennom Geovekst og få de øvrige Geovekstparter til å bidra til skanningen. Årsaken til dette er at Geovekstpartene ser at slike kulturminnekartlegginger er nyttige også for dem. Kulturminneforvaltningen i Oppland kan være tidlig og tydelig på en helt annen måte nå enn tidligere. Samtidig avdekker de omfattende lidarkartlegginger Opplands historie på en ny og innovativ måte. Man oppnår altså både bedre tjenesteyting og ny kunnskap. OPPtakt-prosjektet har bred politisk og administrativ støtte i fylkeskommunen – nytteverdien er åpenbar og interessen er stor. Disse resultatene har imidlertid ikke kommet av seg selv. Avgjørende har vært at kulturarvenheten har satt av ressurser til å arbeide sammenhengende med lidarskanning og kulturminnekartlegging siden 2009, bl.a. gjennom at kulturarvenheten har et eget utviklingsteam.

Å regne med at alle fylkeskommuner skal gå gjennom en tilsvarende prosess er nok lite hensiktsmessig. I de fleste fylkeskommuner er det p.t. ikke økonomi til substansielle bidrag til lidarskanning slik at dataene blir anvendelige i kulturminneforvaltningen - og signalene som er mottatt i forbindelse med FoU-arbeidet tyder ikke på at man ser for seg at dette vil endre seg i nær fremtid. Veien videre bør derfor gå gjennom et initiativ fra Riksantikvaren. Kanskje kan en løsning være et spleiselag mellom sentral og regional kulturminneforvaltning, i første omgang med et fokus på de deler av landet hvor nytteverdien av lidardata er størst?

Det er ikke mulig innenfor rammene av dette FoU-arbeidet å gå detaljert inn hvilke regioner og hvilke deler av regioner som bør HD-lidarskannes, men det er mulig å sette opp to kriterier for prioritering for å få størst mulig utbytte av en økonomisk innsats innen området. Disse kriteriene er først og fremst myntet på bruk i kulturminneforvaltningen.

Det første kriterie er at det foreligger eller antas å foreligge et minimumsantall av synlige kulturminner innen et aktuelt område, og at disse kulturminnene er av en karakter som gjør det sannsynlig at de vil kunne erkjennes i HD-lidardata. Områder med mange synlige og «lidar-vennlige» kulturminner får hovedprioritet.

Det andre kriterie er at det skjer vesentlige endringsprosesser innenfor et aktuelt område. Slike endringsprosesser kan være jordbruk, skogbruk, hyttebygging, veibygging osv. Å bruke mye ressurser til å skanne store nasjonalparker virker ikke hensiktsmessig, så lenge den økonomiske rammen er begrenset.

I noen områder vil et økonomisk bidrag fra kulturminneforvaltningen kunne bidra til å påvirke parametrene for lidarskanninger som utføres av Geovekst, som del av deres vanlige kartleggingsarbeid. I andre tilfeller kan det være hensiktsmessig at kulturminneforvaltningen selv initierer HD-lidarskanninger gjennom Geovekst. Dette vil kunne dreie seg om arealer hvor begge kriteriene over er oppfylt i høy grad.

Bruken av HD-lidardata er nå så omfattende ved kulturarvenheten ved OFK, og nytteverdien så åpenbar, at det faktisk er vanskelig å forstå hvordan vi klarte oss uten tidligere. Det kjennes veldig gammeldags og lite effektivt å sende ut feltpersonale på registrering etter synlige kulturminner i områder uten HD-lidardekning. Som en av dem oppgitt utbrøt: «Jamen, skal vi lete etter kulturminnene??»

Ja, vi skal fortsatt lete etter kulturminnene, ikke alle kulturminner er synlige og erkjennbare i lidardata. Men HD-lidardata åpner døren til en mer effektiv og forutsigbar kulturminneforvaltning, en bedre tjenesteyting og ny kunnskap om Norges eldre historie. Foreløpig er døren bare på gløtt. “I see wonderful things” sa Howard Carter da han gløttet innen i Tut-Ankh-Amens gravkammer for snart hundre år siden. Skal døren inn til lidarskanningens verden åpnes for alvor må sentrale kulturminnemyndigheter ta tak i fagområdet, både faglig og økonomisk.

13. REFERANSER

Bennett R., K. Welham, R.A. Hill & A. Ford 2012.

Comparison of Visualization Techniques for Models Created from Airborne Laser Scanned Data. *Archaeological Prospection* 19: 41–48.

Bollandsås, O.M., O. Risbøl, L.T. Ene, A. Nesbakken, T. Gobakken & E. Næsset. 2012. Using airborne small-footprint laser scanner data for detection of cultural remains in forests: an experimental study of the effects of pulse density and DTM smoothing. *Journal of Archaeological Science* 39: 2733–2743.

Challis, K. & A. J. Howard 2013. The role of lidar intensity in interpreting environmental and cultural archaeological landscapes. I Opitz, R. & D. C. Cowley (red.): *Interpreting Archaeological Topography. 3D Data, Visualisation and Observation*. Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 5. Oxbow Books. Oxford and Oakville: 161–170.

Corns, A. & R. Shaw 2013. Lidar and World Heritage Sites in Ireland: why was such a rich data source gathered, how is it being utilised, and what lessons have been learned? I Opitz, R. & D. C. Cowley (red.): *Interpreting Archaeological Topography. 3D Data, Visualisation and Observation*. Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 5. Oxbow Books. Oxford and Oakville: 146–160.

Crutchley, S. & P. Crow 2010. *The Light Fantastic: Using Airborne Laser Scanning in Archaeological Survey*. English Heritage, Swindon.

Doneus, M. & C. Briese 2006: Full-waveform airborne laser scanning as a tool for archaeological reconnaissance. In: Campana, S., Forte, M. (eds.), *From Space to Place. Proceedings of the 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology. BAR International Series*, 1568: 99–106.

Doneus, M., C. Briese, M. Fera & M. Janner 2008: Archaeological prospection of forested areas using full-

waveform airborne laser scanning. *Journal of Archaeological Science* 35/4: 882–893.

Hesse, R. 2010. LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological Prospection* 17: 67–72.

Hesse, R. 2013. The changing picture of archaeological landscapes: lidar prospection over very large areas as part of a cultural heritage strategy, I Opitz, R. & D. C. Cowley (red.): *Interpreting Archaeological Topography. 3D Data, Visualisation and Observation*. Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 5. Oxbow Books. Oxford and Oakville: 171–183.

Kartverket 2012. *Rapport. Testprosjekt. Klassifisering av laserdata*.

Kokalj, Z., K. Zaksek & K. Ostir 2011. Application of sky-view factor for the visualisation of historic landscape features in lidar-derived relief models. *Antiquity* 85: 263–273.

Kokalj, Z., K. Zaksek & K. Ostir 2013. Visualizations of lidar derived relief models. I Opitz, R. & D. C. Cowley (red.): *Interpreting Archaeological Topography. 3D Data, Visualisation and Observation*. Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 5. Oxbow Books. Oxford and Oakville: 100–114.

Opitz, R. & D. C. Cowley 2013. Interpreting archaeological topography: lasers, 3D data, observation, visualisation and applications. I Opitz, R. & D. C. Cowley (red.): *Interpreting Archaeological Topography. 3D Data, Visualisation and Observation*. Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 5. Oxbow Books. Oxford and Oakville: 1–12.

Opitz, R. 2013a. An overview of airborne and terrestrial laser scanning in archaeology. I Opitz, R. & D. C. Cowley (red.): *Interpreting Archaeological Topography. 3D Data, Visualisation and Observation*. Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 5. Oxbow Books. Oxford and Oakville: 13–31.

Opitz, R. 2013b. Appendix: Key Technical Terms. I
Opitz, R. & D. C. Cowley (red.): *Interpreting Archaeological
Topography. 3D Data, Visualisation and Observation*.
Occasional Publication of the Aerial Archaeology
Research Group No. 5. Oxbow Books. Oxford and
Oakville: 266-268.

Pilø, Lars, Anne Engesveen & Susanne Pettersson 2012.
*OPPtakt – Opplandsprosjekt på avklaring av kulturminner med
ny teknologi. Rapport fra forprosjektet*. Kulturhistorisk serie
2012/1. Oppland fylkeskommune.

Pilø, L., A. Engesveen, S. Pettersson & O. Tveiten 2013.
*OPPtakt – Opplandsprosjekt på avklaring av kulturminner med
ny teknologi. Årsrapport 2012*. Kulturhistorisk serie
2013/1. Oppland fylkeskommune.

Risbøl, O. 2009. Fugleperspektiv på kulturminner. Bruk
av flybåren laserskanning i arkeologien. *Viking LXXI*:
211-226.

Risbøl, O. 2010. Towards an improved archaeological
record through the use of airborne laser scanning. Space,
Time and Place. *3rd International Conference on
Remote Sensing in Archaeology*. M. Forte, S. Campana og C.
Liuzzi (red.) *British Archaeological Review International Series*,
vol. 2118. 2010: 105-112.

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare 2006a: *Flybåren
laserskanning og kulturminner i skog. Et pilotprosjekt*. NIKU
Miljøovervåking 03/06.

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare 2006b: Airborne
laser scanning of cultural remains in forests – some
preliminary results from a Norwegian project. In: From
Space to Place. 2nd International Conference on
Remote Sensing in Archaeology (eds. Campana, S. og
M. Forte). *British Archaeological Review, International
Series*, vol. 1568. 2006: 107-112.

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare 2007: Flybåren
laserskanning og kulturminner i skog. Fase 2. *NIKU
Rapport 18*.

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare 2008: Flybåren
laserskanning og kulturminner i skog. Fase 3. *NIKU
Rapport 22*.

Risbøl, O., K. Stene & A. Sætren 2011a. Kultur og natur
i Grimsdalen landskapsvernområde. Sluttrapport fra
DYLAN-prosjektet. – *NIKU Tema 38*. 221 sider.

Risbøl, O., Amundsen, H. R., Bollandås, O. M.,
Nesbakken, A. 2011b. Flybåren laserskanning til bruk i
forskning og til forvaltning av kulturminner og
kulturmiljøer. Dokumentasjon og overvåking av
kulturminner. *NIKU Rapport 45*.

Trier, Ø. D. & L. Pilø 2012. Automatic detection of pit
structures in airborne laser scanning data. *Archaeological
Prospection*, 2012: 103-121.

Trier, Ø. D., M. Zortea & S.Ø. Larsen 2012. Semi-
automatic detection of burial mounds in forested areas.
Advances in Geosciences: 113-124.

14. GRUNNLEGGENDE LIDARBEGREPER

Autoklassifikasjon: Data som kan leveres kort tid etter utført skanning. Dataene er da kun automatisk klassifisert av programvaren, uten en etterfølgende manuell kvalitetssikring.

Digital høydemodell (DHM): En modell som inneholder første *retursignalet fra skanningen. Inkluderer trær og hus. Også kalt DSM (Digital Surface Model).

Digital Terrengmodell (DTM): En modell som kun inneholder *retursignaler fra bakken, ikke trær og hus.

Diskret retur: Retursignal som blir fanget opp når refleksjonen fra laserpulsene når over en viss terskelverdi. Se også *fullbølgelaser.

DTM 10/20/50 standard: Lidarskanning i Norge skjer etter fastsatte standarder. En vanlig standard er DTM 20 0,7 pkt – dette tilsvarer en punktsky med inntil 20 cm nøyaktighet på punktene og minimum 0,7 førstereturer/m² innefor et spesifisert prosenttall (vanligvis 95 % av arealet).

Filtrering: Inndeling av *retursignalene i mindre grupper ved hjelp av deres *klassifikasjon, vanligvis i *DTM eller *DHM.

Fotavtrykk: Størrelsen på det arealet som gir et *retursignal når det blir truffet av en laserpuls. Ved *HD-lidarskanning vanligvis 10-20 cm i tverrmål.

Fullbølgelaser (FWL): En skanningsmetode hvor hele retursignalet blir dokumentert i bølgeform, ikke bare *diskrete returer.

Førsteretur: Første retursignal fra laserpulsene.

Geovekst: Kartleggingssamarbeid mellom Statens Vegvesen, Energiforsyningens Fellesorganisasjon, Kommunenes Sentralforbund, Kartverket, Telenor og Landbruksdepartementet. Målsettingen med geodatasamarbeidet er å gjennomføre felles

kartleggingsprosjekter, samt etablere og vedlikeholde et felles sett av geografiske data som tilfredstiller et bredt brukerbehov. Gjennom samfinansiering kan det produseres større mengder data samtidig som det blir rimeligere for hver av partene.

HD-lidarskanning: Lidarskanning etter DTM 10 med 5 førsteretursignaler pr m² eller bedre.

Hillshade: En *DTM eller *DHM som er belyst av en lyskilde for å fremheve topografien.

Intensitet: Signalstyrken på *retursignalet.

Klassifikasjon: Gruppering av retursignaler etter hva de har truffet (bakke, vegetasjon, vann osv.). Denne klassifikasjonen gjør det mulig å filtrere *punktskyen ved produksjon av *DTM.

LAS: Et åpent og standardisert filformat for lagring av lidat data.

Lidar: Forkortelse for light detection and ranging. Lidar er en fjernmålingsteknologi som bruker lys (laser) til å stedfeste og bestemmer egenskaper av en overflate. Lidar kan være flybåren eller terrestrisk. Andre begreper som brukes om lidar er ALS (Aerial Laser Scanning).

Punktsky: En samling georefererte punkter, som vanligvis også inneholder attributter slik som *intensitet eller *klassifikasjon.

Punkttetthet: Gjennomsnittlig antall punkter pr. arealenhet, vanligvis m².

Retursignal: Hver laserpuls kan gi en eller flere retursignaler ved refleksjon mot vegetasjon, bygninger, bakke og annet.

Delvis etter Opitz 2013b

