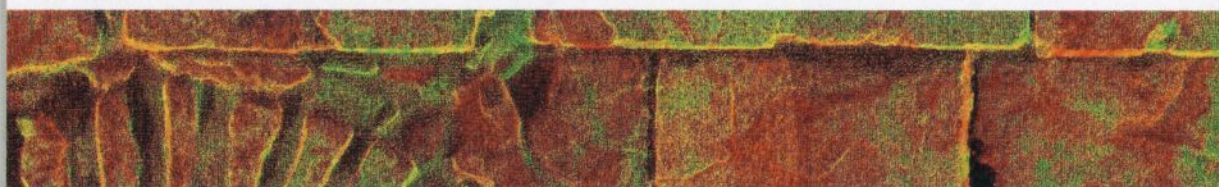


NIKU Oppdragsrapport 179/2009

Laserskanning av Selje kloster- og helgenanlegg, Selje kommune, Sogn og Fjordane

Lars Gustavsen



NIKU

GEOPLAN3D
3 DIMENSIONAL SCANNING

Forord	3
1. Innledning	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Landskapet og lokaliteten	4
2. Metode og utstyr	6
2.1 Terrestrisk laserskanning.....	6
2.2 Prosjektgjennomføring og utstyr	6
3. Resultater fra skanningen	9
3.1 Resultater	9
3.2 Sluttleveranse.....	9
3.3 Veien videre	12
4. Konklusjon	13
5. Litteratur.....	14
6. Vedlegg.....	15
A. Prosjektdeltakere	15
B. Måleinstrumenter	15
C. Programvare	15
D. Fastmerker og målesystem	15
E. Tidsbruk og praktiske forhold	15
F. Mediedekning	16
G. Faktabokser.....	17

Forord

NIKU har, i samarbeid med ingeniørfirmaet Geoplan 3D, Selje kommune og Riksantikvaren, gjennomført en detaljdokumentasjon av Selje klosteranlegg ved hjelp av laserskanning. Denne tekniske rapporten tar for seg resultatene fra dette prosjektet. Oppdraget er bestilt av Selje kommune ved Bjørn Jensen og finansiert gjennom Riksantikvarens ruinprosjekt.

NIKU prosjektnummer/årstall	156315601/2009
Berørt område	Selje kloster- og helgenanlegg på øya Selja i Selje kommune, Sogn og Fjordane
Gnr/Bnr	56/1
Oppdragets art	Laserskanning
Oppdragsgiver	Selje kommune/Riksantikvaren
Oppdraget utført av	NIKU v/Lars Gustavsen, Regin Meyer og Knut Paasche, i samarbeid med Geoplan 3D v/Odd Erik Mjørland og Eirik Ruden
Prosjektleder	Lars Gustavsen
Oppdraget utført dato	11. – 15. mai 2009
Koordinater	UTM sone 32 (Euref89) N: 6885440 Ø: 306472
Vernestatus	Automatisk fredet kulturminne
Askeladden ID	83760
Kulturhistorisk tolkning	Benediktinerkloster og helgenanlegg fra middelalder

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

I perioden 11. – 15. mai 2009 ble det gjennomført en første laserskanning av deler av klosteranlegget på øya Selja. Formålet med skanningen var hovedsakelig å detaljdokumentere de største delene av klosteranlegget samt noe av topografien og landskapet rundt. Laserskanningen ble gjennomført av NIKU i samarbeid med Geoplan 3D, Selje kommune og Riksantikvaren. For NIKU og Geoplan har dette vært et prøveprosjekt hvor nytt utstyr og metode har vært testet ut. Resultatene skal i første rekke nyttiggjøres av Selje kommune, Sogn og Fjordane fylkeskommune (Seljeprosjektet) samt Riksantikvarens ruinprosjekt. Den nye dokumentasjonen vil benyttes i forbindelse med fornyet og grundigere dokumentasjon av anlegget, som tegningsgrunnlag for restaurering av murverket samt i forsknings- og formidlingsøyemed. Skanningsprosjektet har produsert rådataene, altså en digital blåkopi av hele anlegget, mens videre uttegning og utnyttelse av resultatet ikke er en direkte del av dette prosjektet.

1.2 Landskapet og lokaliteten

Øya Selja ligger i Selje kommune, innerst i fjorden Sildegabet mellom Vågsøy i sør og Stadlandet i nord. Øya er ca. 1,6 km² stor og er omringet av flere mindre øyer og holmer. De største av disse er Kjøholmen på vestsiden og Ersholmen på østsiden. Den midtre delen av øya består av et fjellplatå med bratte sider spesielt mot sør og vest, og det høyeste punktet ligger ca. 200 m.o.h. Fra sjøkanten og inn mot fjellfoten er det områder med dyrket mark, spesielt på Bø på østsiden av øya. På nord- og vestsiden er det beite-/utmarksarealer med myrpartier og fjellknauser. Sørsiden av øya er mer uframkommelig, med steinurer og bratt fjell, bortsett fra et mindre område kalt Heimen som er mer frodig med gressbakke. Det finnes noe barskog i hellinga ned mot Bø og på Ersholmen, ellers er øya uten skog.

Selve anlegget ligger på nordvestsiden av øya, på en gresslette omringet av åpent, myrlendt terreng. Lokaliteten omfatter selve klosteranlegget med vegger, tårn, klosterhage, kirkegård og kirkeruin. To mindre, eksterne bygninger som er tolket som sykestue og bakeri eventuelt gjestehus utgjør også en del av anlegget. I tillegg omfattes det såkalte helgenanlegget som består av en heller, to kirkeruiner, oppmurte terrasser samt trappene som leder dit hen (figur 1 og 2).

Anlegget er undersøkt i flere omganger tidligere, og enkelte deler bærer preg av omfattende restaureringsarbeid. Noen av de viktigste publikasjonene og rapportene i forbindelse med disse undersøkelsene er følgende:

Djupedal, R. (1966) Selja i tusen år. Eit minneskrift om kloster og kyrkjer.

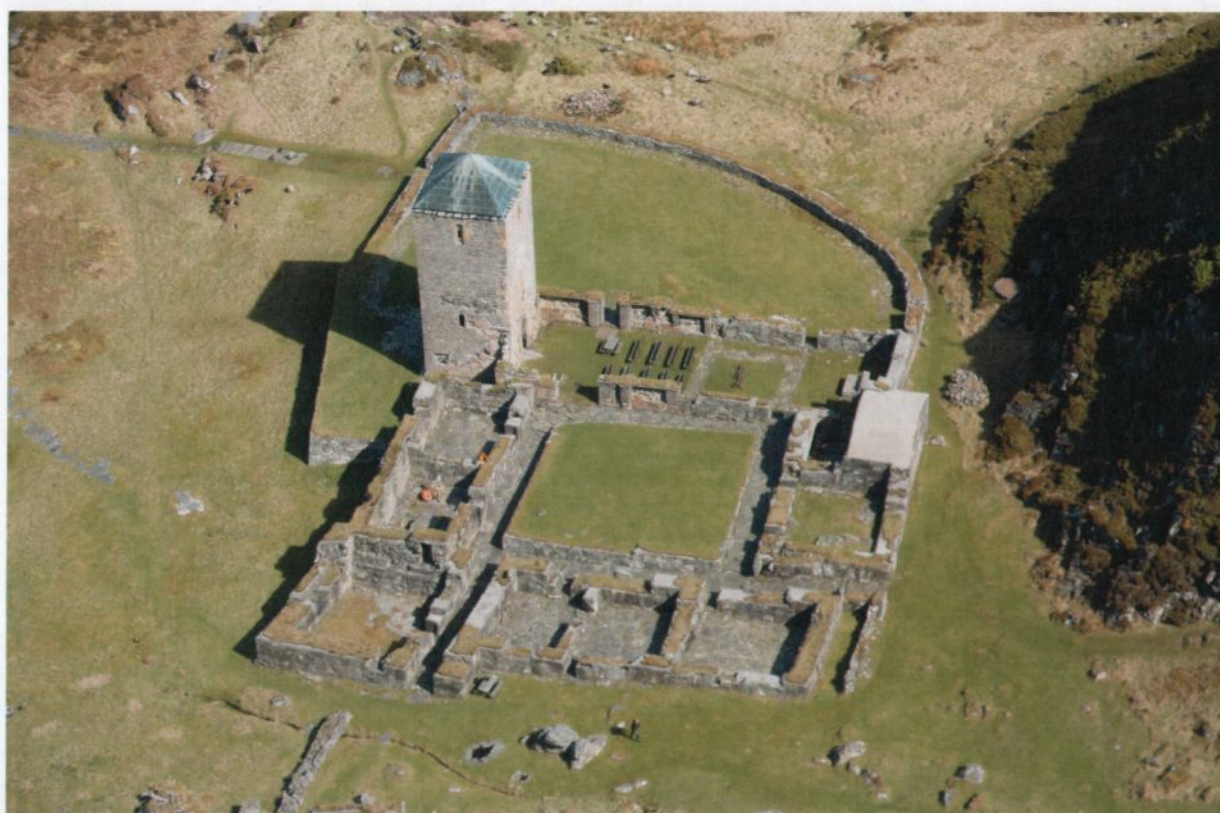
Enger, C. (1949) Helligdommen på Selja. *Fortidsminner XXXI*

Hommedal, A. T. (1996) Selja. Helgenstad i tusen år. Eit forskingshistorisk bidrag om minnesmerket på øya Selja i Nordfjord. *Fortidsminneforeningens Årbok 1996*, 17-60

Sellevoid, B. J (1997) Begravelsene i klosterkirken på Selja. Antropologiske undersøkelser av menneskeben funnet i ruinen av St. Albanuskirken på Selja. *Selja - heilag stad i 1000 år*. M. Rindal (red.), 200-239.



Figur 1 - Selje kloster- og helgenanlegg. Klosteret sees til venstre i bildet, mens helgenanlegget med terrasser, kirkeruiner og hule sees til høyre. Foto: NIKU/Knut Paasche



Figur 2 - Selje kloster. Foto: NIKU/Knut Paasche

2. Metode og utstyr

2.1 Terrestrisk laserskanning

Laserskanning som dokumentasjons- og kontrollmetode benyttes i dag innenfor en rekke forskjellige sektorer. De siste ti årene har metoden også blitt tatt i bruk innenfor forskjellige forskningsmiljøer rundt om i verden, deriblant innenfor arkeologien hvor den benyttes til dokumentasjon, rekonstruksjon, analyse, visualisering og overvåkning. Hittil har metoden ikke vært spesielt utbredt innenfor det arkeologiske miljøet i Norge, til tross for at det har vært gjennomført sporadiske oppdrag siden begynnelsen av 2000-tallet. Noen av de viktigste objektene som er skannet ved hjelp av terrestrisk laserskanner er Tune- og Osebergskipet (Paache et. al), søylerekken på Domkirkeodden på Hamar (Gustavsen, 2009a), båtvraket 'Sørenga 2' samt Urnes Stavkirke (Gustavsen 2009b). I tillegg er det gjennomført flere undersøkelser av datasett fra flybårne laserskannere (Risbøl et al 2007).

Terrestrisk laserskanning har til hensikt å detaljdokumentere landskap, bygninger eller andre objekter. I kulturhistorisk sammenheng vil dette si alt fra fredete og verneverdige bygninger til ruiner, arkeologiske gjenstander, helleristningsfelt eller andre arkeologiske lokaliteter. Datainnsamlingen foregår ved at laserpulser sendes mot objektet fra et bakkebasert (terrestrisk) laserinstrument. Laserstrålene skytes ut med en frekvens på opp mot 500 000 pulser per sekund mens laserinstrumentet samtidig roterer rundt sin egen vertikalkakse. I tillegg sendes laserstrålene via et speil som roterer rundt instrumentets horisontalakse. På denne måten kan instrumentet dokumentere 360° rundt vertikalkaksen samt 270° rundt horisontalaksen.

Laserpulsene som skytes ut fra instrumentet reflekteres i objektet, og ved å måle forskjellige egenskaper ved retursignalet, kan avstander og vinkler beregnes. Dette gjør igjen at koordinater for punktet der laserpulsen traff objektet kan kalkuleres. Resultatet av en slik operasjon er en tredimensjonal punktsky, som regel bestående av flere millioner unike punkter. Nøyaktigheten i en hver dokumentasjon av denne typen er et direkte resultat av faktorer slik som instrumentets avstand og vinkel til objektet samt generelle vær- og lysforhold. Dersom instrumentet står mellom 1 og 25 meter fra objektet som skal skannes kan man anslå en nøyaktighet på mellom 2 og 6 mm (1 sigma).

2.2 Prosjektgjennomføring og utstyr

Skanningen ble gjennomført av NIKU i samarbeid med ingeniørfirmaet Geoplan 3D. Denne kombinasjonen av fagpersonell, hvor arkeologer med kulturhistorisk bakgrunn jobber i tett samarbeid med oppmålingspersonell med måleteknisk bakgrunn, er helt nødvendig for å oppnå best mulig resultat. På denne måten kan man forsikre seg om at rett metode velges til oppdraget, og at riktig strategi velges i felt.

Instrumentene som ble brukt i forbindelse med skanningen var en fasebasert skanner av typen Leica HDS6000 samt en pulsbasert skanner av typen Trimble GS200 (for nærmere informasjon om disse skannerne, se faktaboks nedenfor) (figur 3). Den fasebaserte laseren ble brukt til å detaljskanne selve klosterruinene mens landskapet rundt ble dokumentert ved hjelp av den pulsbaserte skanneren. Det ble skannet til sammen ca. 1,7 milliarder punkter fra til sammen 72 posisjoner. 65 av disse oppsettene ble utført med faseskanneren, mens de resterende 7 ble gjennomført med pulsskanneren.



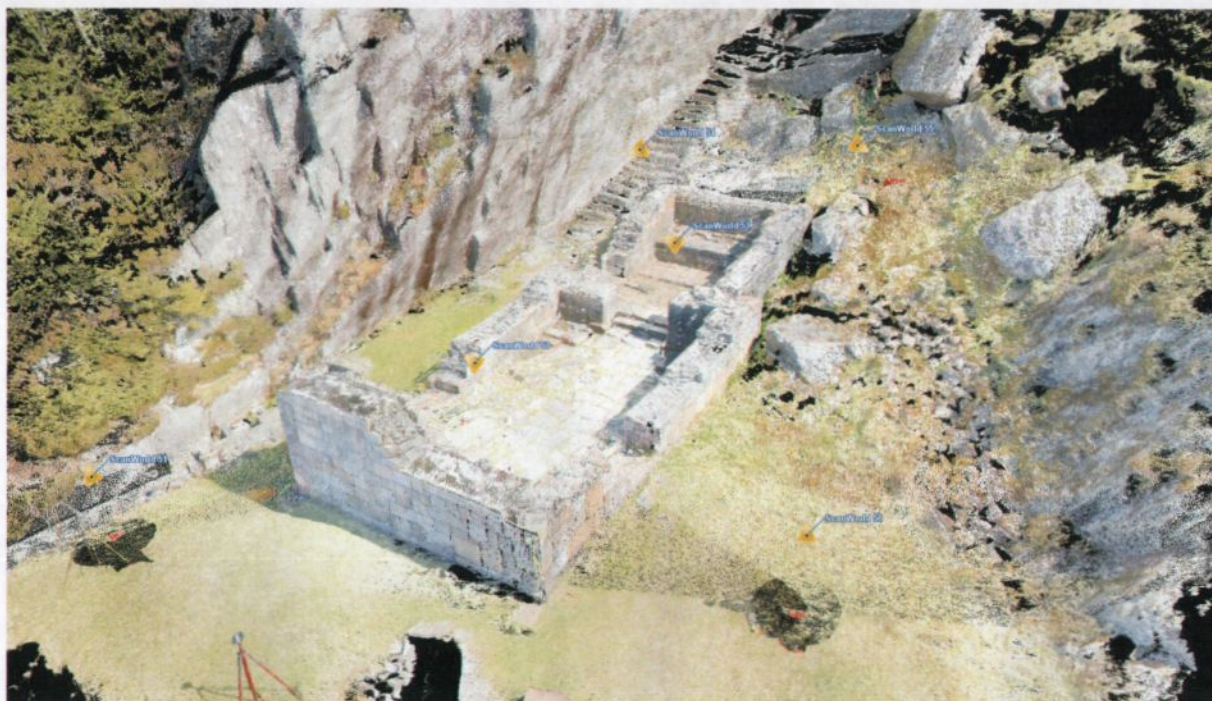
Figur 3 – Til venstre: Leica HDS6000 faseskanner. Til høyre: Trimble GS200 pulsskanner Foto: NIKU/Knut Paasche

Skanningsdataene fra de forskjellige posisjonene og de forskjellige skannerne har i ettertid blitt prosessert og slått sammen til én enkelt punktsky som danner grunnlaget for videre uttegning, analyse og visualisering. Punktskyen er georeferert til fastmerker og referansepunkter som har blitt målt inn ved hjelp av RTK GPS og totalstasjon. Dette har gjort det mulig å kartfeste dataene i henhold til kjente koordinatsystemer og det vil også gjøre det mulig å sammenligne skanningsdataene med data fra eventuelle senere oppdrag.

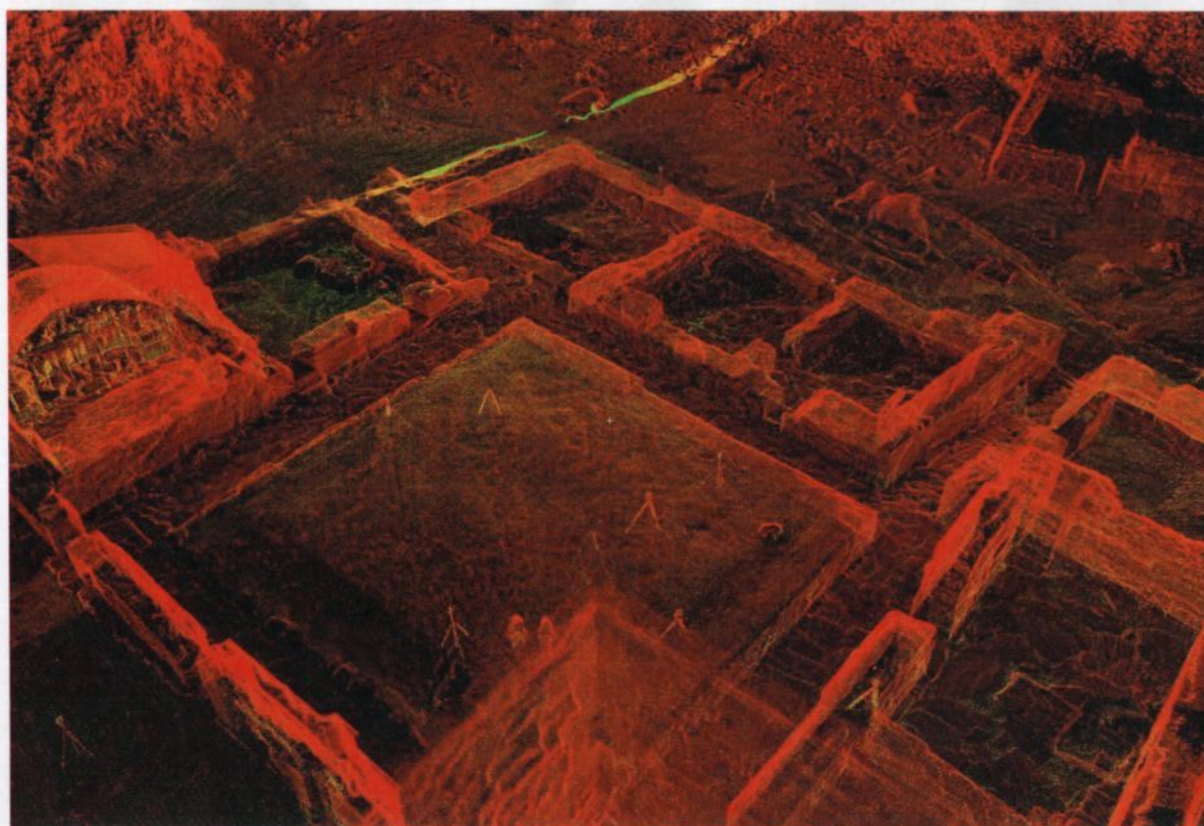
I tillegg til selve laserskanningen er det tatt fotografier fra en brakett festet til laserskannerens stativ. Fotografiene tas med en ekstrem vidvinkellinse (12 mm brennvidde) og i 360° horisontalt med et ideelt overlapp på minimum 15 % per bilde. Fargeinformasjonen i disse fotografiene kan deretter ekstraheres og legges på punktskyen. Dette gjør at hvert enkelt punkt i punktskyen får en ekstra attributt som inkluderer fargeinformasjon (figur 4 og 5).

Selve laserskanningen ble gjennomført uten større problemer. Været var bra i størsteparten av prosjektperioden, noe som gjorde at skanningen kunne gjennomføres kontinuerlig og uten større avbrekk. Øya Seljas beliggenhet i havgapet skapte imidlertid enkelte logistiske utfordringer, da de mange kostbare og relativt tunge instrumentene som ble brukt under skanningen måtte fraktes inn til fastlandet hver dag.

I utgangspunktet var det bare meningen å skanne selve klosteranlegget samt enkelte deler av helgeanlegget. På grunn av den gode arbeidsflyten ble det imidlertid bestemt å også skanne større deler av området rundt anlegget. Det totale datasettet består derfor av én enkelt sammenhengende punktsky som strekker seg fra sjøen til helgeanlegget. Enkelte av de mindre sentrale bygningene ved anlegget ble ikke skannet på samme detaljnivå som klosteranlegget, kirkeruinene og helgeanlegget. Dette gjelder i hovedsak bygningene som er tolket som henholdsvis sykestue og bakeri/gjestehus. Det lot seg heller ikke gjøre å detaljdokumentere båtnaustet eller vollene rundt anlegget innenfor den fastsatte tidsrammen.



Figur 4 – Laserskanningsdata fra området rundt Sunnivakirken. I dette datasettet er fargeinformasjon fra de digitale bildene hentet inn i datasettet. Jfr. figur 6.



Figur 5 – Klipp fra rådata fra Leica HDS6000 sett fra tårnet i Albanuskirken. Dataene er vist med farger basert på intensitetsinformasjon.

3. Resultater fra skanningen

3.1 Resultater

Resultatene fra den første skanningen er svært lovende, og indikerer at datasettet vil gi oss grunnlaget for den hittil beste dokumentasjonen som så langt eksisterer av anlegget. Ut fra dette vil det være mulig å lage to- eller tredimensjonale uttegninger samt 3D-modeller av deler av ruinene. Denne type tolkninger er i denne omgang ikke innarbeidet i dette arbeidet, men utvalgte områder av anlegget har likevel blitt uttegnet for å vise potensialet i metoden (figur 6 og 7). Punktskyen kan også brukes til å tegne snitt som viser vinkler og skjevheter i forhold til horisontal- og vertikalaksen, samt til andre bygningsdeler. I tilfellet Selje lar det seg eksempelvis gjøre å tegne et snitt gjennom helgenanlegget med hule, terrasser og kirkeruiner, noe som uten laserskanningsteknologien ville ha vært svært tidkrevende og vanskelig gjennomførbart (figur 8). Man kan altså på relativt enkelt vis tegne ut alle detaljer i anlegget fra alle mulige vinkler.

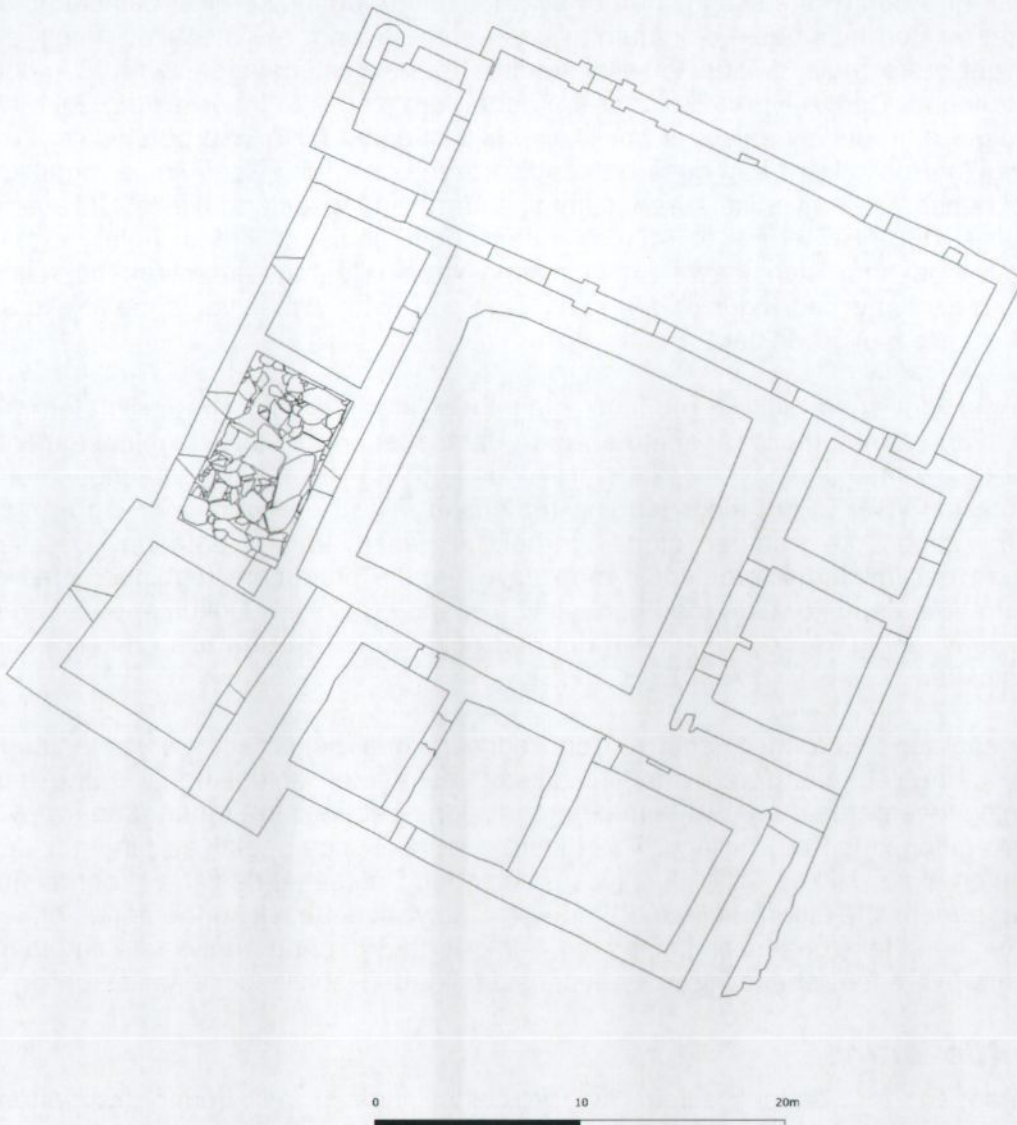
Dataene gjør det også mulig å produsere tegninger med presisjon på millimeternivå. Dette gjør det blant annet mulig å sammenligne datasettet med eldre tegningsmateriale. En preliminær sammenligning av tegninger basert på skanningsdataene med eldre dokumentasjon viser at det eldre tegningsmaterialet faktisk er svært godt, og at målingene utført den gang ikke varierer stort i forhold til laserskanningsdataene. Datasettet fra skanningen har imidlertid fordelen at man nå vil kunne produsere tegninger med absolutt visshet om at målene korrekte med hensyn til avstand og vinkler. Dokumentasjonen er også målestokkuavhengig, og tegninger kan dermed enkelt produseres i alle tenkelige størrelser og målestokker.

Skanningsdataene vil fungere som en ren tredimensjonal dokumentasjon av anlegget. I og med at skannet er georeferert mot utplasserte fastmerker vil det også kunne benyttes i overvåkningsøyemed, da man vil kunne sammenligne dette skannet med data fra eventuelle senere skanningsoppdrag. I tillegg til det klare overvåkingsperspektivet, fungerer datasettet også som en digital sikkerhets kopi av klosteranlegget. Datasettet består av koordinater lagret i en fil i et generisk tekstformat (ASCII), noe som betyr at settet vil kunne åpnes og leses i et hvilket som helst tekstbehandlingsprogram, samt at det vil kunne analyseres og manipuleres i ulike programvare for behandling av tredimensjonal data (Ref. Paasche i aviskronikk).

3.2 Sluttleveranse

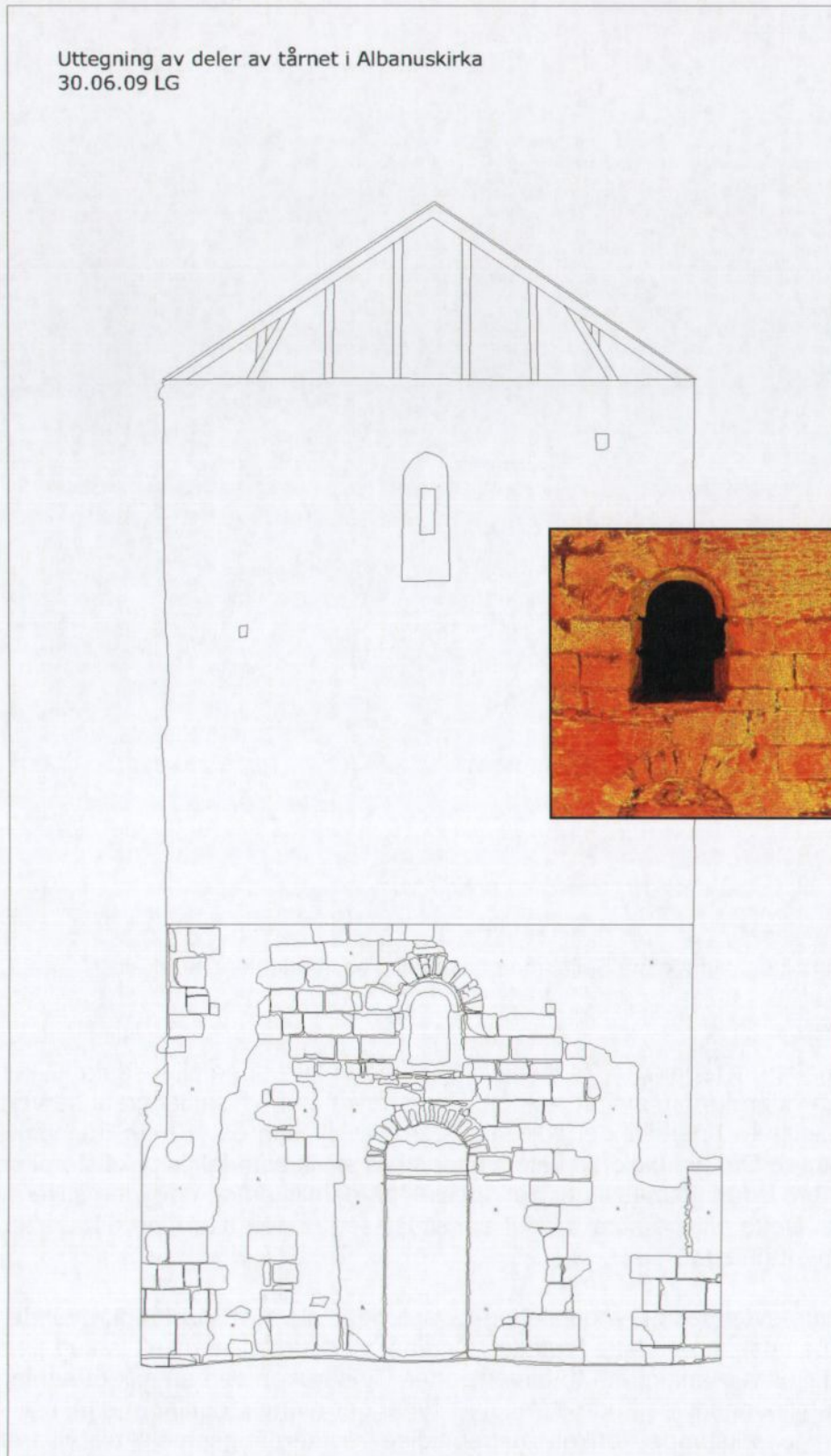
Sluttleveransen for denne delen av prosjektet består av denne rapporten samt ferdigprosessert rådata fra de to skannerne, bildefiler og animasjoner. I denne rapporten er det også vedlagt eksempler på uttegninger som kan lages på bakgrunn av det elektroniske skannet. Rådataene fra skannerne er levert i ASCII-form og består av x, y og z-koordinater, intensitetsdata samt fargedata. Filene som leveres er i txt-format, men sluttleveransen inkluderer også filer i Leicas pts- og imp-format. Koordinatlisten i ASCII-format gjør at resultatet vil kunne leses av programvare i uanskelig framtid. Det er viktig at det lagres en sikkerhets kopi hos RA eller annet sted, slik at dette øyeblikksbildet av Selje kloster blir bevart for evig tid (se for øvrig faktaboks nedenfor for mer informasjon om diverse lagringsformater).

Plantegning av klosteranlegget på Selja
30.07.09 LG

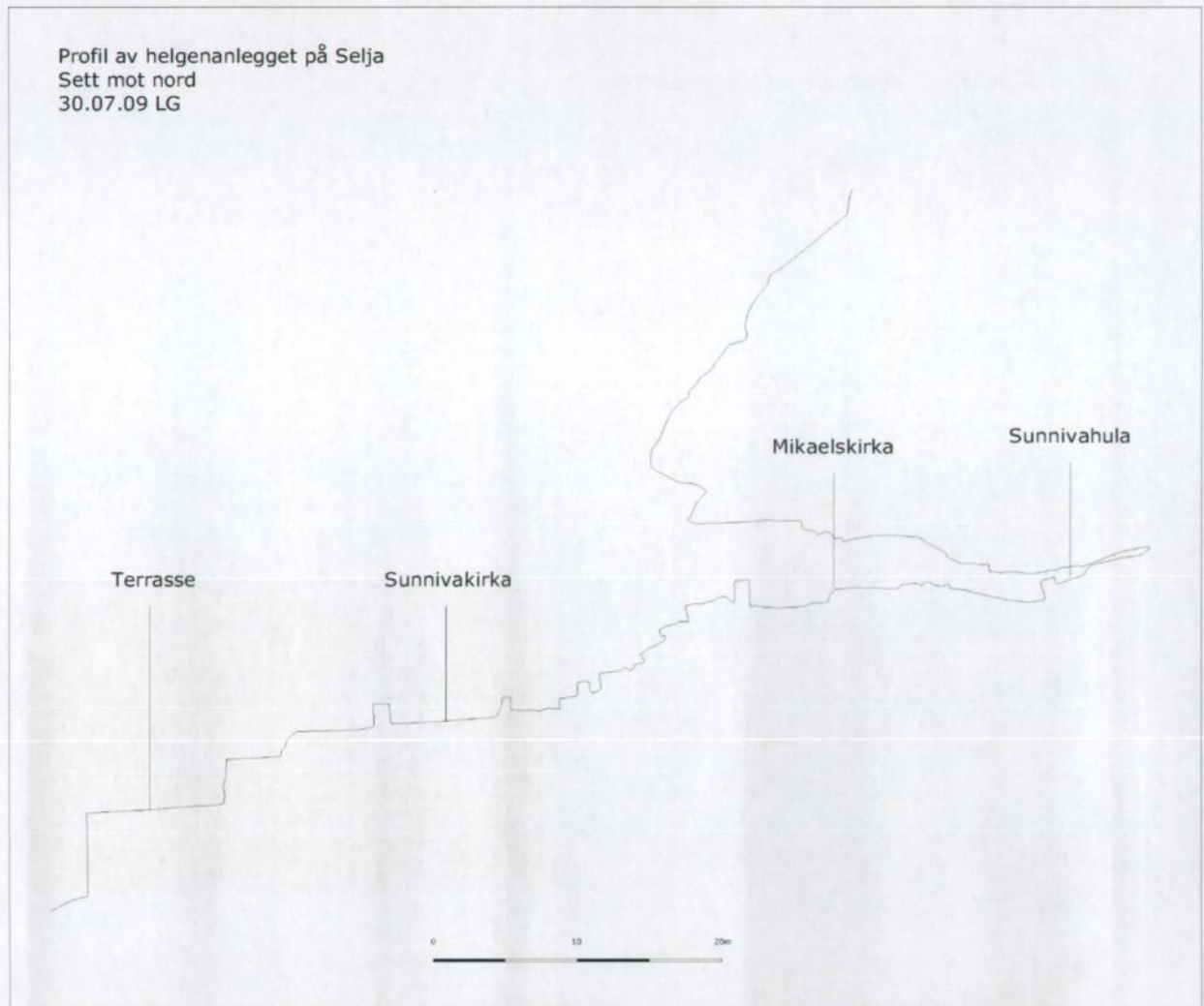


Figur 6 – En enkel første uttegning/plantegning av Selje klosteranlegg basert på laserskannet. I et av rommene er det vist hvordan ytterligere detaljer kan tegnes inn der dette er ønskelig. Alt med millimeters presisjon.

Bildefilene er levert i jpg-format, mens de animerte sekvensene leveres i avi-format. Både bildefiler og animerte sekvenser kan leses med vanlige multimedieprogrammer, mens originalfilene krever spesialprogramvare samt meget kraftig PC beregnet på behandling av denne type data. Spesielt settes det her relativt store krav til prosessorkapasitet, minne og grafikkort. Det er en utfordring å legge fram denne type tredimensjonal dokumentasjon på tilfredsstillende vis i et todimensjonalt medium slik som en papirrapport, og det er nok først ved bruk av spesialtilpasset programvare at det er mulig å se det fulle potensialet av skanningsprosjektet.



Figur 7 – Uttegning av deler av tårnet i Albanuskirken. I øvre del vises kun omrisset av kirken, mens nedre del er fullstendig uttegnet. Utsnittet viser en del av datagrunnlaget.



Figur 8 - Snitt gjennom helgenanlegget på Selja, med de enkelte bestanddelene markert.

3.3 Veien videre

En videre sammenligning av tegninger fra laserskannet med eldre oppmålingsdata vil kunne være en interessant videreføring av prosjektet. Som nevnt har vi så langt observert at hovedtegningen fra tidligere oppmålinger ikke har større avvik enn ca. 10 cm fra hjørne til hjørne på hovedklosteret. Det er imidlertid ukjent hvor store avvik som faktisk eksisterer i den eldre dokumentasjonen. Erfaringsmessig er det spesielt på detaljplan og i høyden slike avvik vil kunne observeres. Dette er noe som relativt enkelt lar seg undersøke med datasettet fra laserskanningen som grunnlag.

En fullstendig uttegning eventuelt 3D-modellering av anlegget vil være svært tidkrevende, og vil kreve spesialkompetanse innen dette fagfeltet. Derimot vil det relativt enkelt la seg gjøre å tegne ut utvalgte detaljer ved anlegget i to dimensjoner. Tidsbruken ved en slik uttegning vil være avhengig av detaljeringsnivået, noe som igjen avhenger av hva tegningene faktisk skal benyttes til. Det kan for eksempel tenkes at fremtidige restaureringsprosjekter vil trenge tegninger med svært høyt detaljeringsnivå av murverk, for på denne måten å kunne lettere tolke eller overvåke deler av anlegget over tid. I en formidlingssammenheng, enten for TV eller internett vil imidlertid en mer fullstendig tredimensjonal uttegning eller modellering av anlegget og landskapet rundt være mer hensiktsmessig.

En naturlig fortsettelse av dette prosjektet vil være videre skanning av de delene av klosteranlegget som ikke ble skannet i første omgang, og det vil også være hensiktsmessig å skanne mer av landskapet rundt klosteret samt å slå dette sammen med dataene fra den flybårne laserskanningen (Risbøl, 2009). Ettersom datasettet fra den terrestriske laserskanningen er levert i det samme formatet som datasettet fra den flybårne laserskanningen, vil det nokså enkelt la seg gjøre å koble disse datasettene sammen. Man vil på denne måten kunne tolke anlegget fra et mikroperspektiv hvor hver enkelt stein er dokumentert i detalj, til et makroperspektiv hvor man analyserer anleggets beliggenhet i forhold til landskapet rundt.

4. Konklusjon

Laserskanningsprosjektet på Selje har gitt meget gode resultater. Sammen med informasjonen fra den flybårne laserskanningen fra 2008, gir de et helt nytt utgangspunkt både for å jobbe med øya Selje som helhet, men også for å jobbe med klosteranlegget spesielt. Ser en resultatet under ett, får en her mye ut av relativt få dager ute i felt. Metodene er svært nøyaktige, og dersom en ser på manuelle metoder for å gjøre lignede arbeid, er det heller ingen tvil om at denne dokumentasjonsmetoden er særdeles kostnadseffektiv.

Formålet med laserskanningen av Selje kloster- og helgeanlegg var å detaljdokumentere kloster- og helgeanlegget samt deler av landskapet rundt. Dette ble gjennomført på relativt kort tid og uten de helt store utfordringer. Datasettet har i ettertid dannet grunnlaget for en delvis uttegning av utvalgte partier av anleggets murverk, og vil i framtiden kunne brukes til videre tolkningsarbeide, analyse og visualisering. I tillegg fungerer datasettet som en digital sikkerhetskopi av anlegget, hvor det tredimensjonale øyeblikksbildet vil kunne lagres for all framtid.

5. Litteratur

Gustavsen, L. (2009a) Laserskanning av søylerekken på Domkirkeodden, Hamar kommune, Hedmark. NIKU Oppdragsrapport 181

Gustavsen, L. (2009b) Laserskanning av Urnes stavkirke, Luster kommune, Sogn og Fjordane. NIKU Oppdragsrapport 180

Paasche, K., V. Bischoff, et al. (2007). Rekonstruksjon av Osebergskipets form. Rapport Oslo, Roskilde, Tønsberg, Kulturhistorisk Museum, Stiftelsen Nytt Oseberg, Vikingeskibsmuseet.

Paasche, K. Kronikk i Stavanger Aftenblad 03.06.09

Risbøl, O. (2009) Flybåren laserskanning av kulturminner på Selja, Selje kommune, Sogn og Fjordane. NIKU Oppdragsrapport 15

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare (2007) Flybåren laserskanning og kulturminner i skog. Ny teknologi i arkeologiens tjeneste. I: Kart og Plan, vol. 67, s. 78-90

6. Vedlegg

A. Prosjektdeltakere

NIKU

Knut Paasche – Prosjektleder
Lars Gustavsen – Prosjektassistent
Regin Meyer – Bygningsteknisk konsulent

Geoplan 3D

Odd Erik Mjørland – Oppmålingsingeniør
Eirik Ruden – Oppmålingsingeniør

B. Måleinstrumenter

Laserskannere

Leica HDS6000 – faseskanner
Trimble GS200 – pulsskanner

Oppmålingsinstrumentering

Leica 1200 totalstasjon
Leica GPS

C. Programvare

Punktskybehandling

Leica Cyclone 6.0

Uttegning

Autodesk AutoCAD Civil 3D med Leica Cloudworx 4.0

D. Fastmerker og målesystem

Det ble etablert to fastmerker i forbindelse med laserskanningen:

PP1 Ø: 306338,982 N: 6885494,136 H: 8,693

PP2 Ø: 306371,189 N: 6885413,050 H: 9,241

Alle koordinater er oppgitt i UTM 32 (Euref89)

E. Tidsbruk og praktiske forhold

Selje kloster ligger ulendt til med tanke på transport av utstyr. Det var nødvendig med båtfrakt til og fra øya hver dag og utstyret måtte fraktes inn til fastlandet etter endt arbeidsøkt.

Det var ikke strømforsyning på nordsiden av øya, og strøm til batterier og PCer måtte skaffes via et medbrakt aggregat.

Samlet ble det brukt 120 timer i felt og 5 dager til for- og etterarbeid.

F. Mediedekning

Prosjektet har fått stor mediedekning. Noen av de viktigste oppslagene inkluderer:

Radio

<http://www1.nrk.no/nett-tv/klipp/493513>
+ innslag 15. mai 2009

TV

<http://www1.nrk.no/nett-tv/indeks/171185>
I tillegg er det planlagt et innslag på NRKs programserie Schrødingers katt høsten 2009, der deler av laserskanningen av Selje kloster vil presenteres.

Trykte medier:

Vårt Land (Nyhets sak i mai kronikk i juni)
Stavanger Aftenblad – kronikk
Varden
Fjordenes Tidende
Rjukan Arbeiderblad
Offentlig drift

Nett

<http://www.forskning.no/artikler/2009/mai/220483>
<http://www.firda.no/nyhende/article4400568.ece>
<http://www.abcnyheter.no/node/90614>
http://www.sognavis.no/lokale_nyhende/article4400284.ece
<http://www.vg.no/nyheter/innenriks/artikkel.php?artid=559382>
<http://bygg.no/id/44895>
<http://www.innodesign.no/nor/Arkitektur-bygg-infra/Modellkirke-for-ettertiden>
<http://www.vl.no/kristenliv/article4400129.ece>

G. Faktabokser

BRUK AV LASERSKANNING INNEN KULTURMINNEVERNET

Hva er laserskanning?

Laserteknologi har vært i bruk innen industri og forskning i over ti år. Det er imidlertid kun i de siste fem årene at kulturminneinstitusjoner rundt om i verden har fått generell tilgang til denne teknologien. Hensikten med laserskanning er å fremstille tredimensjonale overflater som kan viderebehandles og brukes til analyse og visualisering.

Innen kulturminnevernet skannes det både fra fly og bakke, og alle typer objekter alt fra gravhauger i landskapet til bygninger, kulturskatter og dokumentasjon ved arkeologiske undersøkelser.

Det finnes flere typer laserskannere på dagens marked. Felles for instrumentene er at teknologien er basert på emisjon av lys. Laser står for *light amplification by stimulated emission of radiation*. Det er altså en optisk strålingskilde hvor strålingen forsterkes ved såkalt stimulert emisjon. Laserstråler kjennetegnes ved at den normalt er sterkt konsentrert, har meget liten spredningsvinkel og strålediameter og er ensfarget. Laser brukes i måleinstrument innen mange ulike områder innen industri, transport, forskning og det militære der det kan brukes til å måle blant annet avstand, hastighet og akselerasjon.

Datainnhenting ved hjelp av en laserskanner foregår ved at laserpulser sendes ut mot objektet som skal dokumenteres. Når disse treffer objektet, reflekteres de og instrumentet kan måle forskjellige egenskaper ved retursignalene. Enkelte laserskannere tar tiden fra signalet emitteres til retursignalet når instrumentet. Ettersom lysets hastighet er kjent kan derfor denne tiden omregnes til avstand.

Fordeler ved laserskanning:

Det er en rekke fordeler med laserskanning sammenlignet med tradisjonell måling og håndtegnning. Laserskanning er en berøringsfri teknologi som i minimal grad påvirker objektet som skal dokumenteres. I tillegg går datasamlingen i felt svært raskt og effektivt, og er derfor kostnadsbesparende. Skannerne som brukes til landskaps- og bygg-/objektskanning opererer innenfor laserklasse 3 som anses som ufarlig for mennesker. Laserstrålene som sendes ut fra instrumentene har en punktflate på noen få millimeter og hver stråle belyser objektet kun i få mikrosekunder.

Viktig for kulturminnevernet er at utstyret er bærbart og at måleresultater er nøyaktige. Siden dataene knyttes til eksterne fastmerker er de også etterprøvbare. Dette er svært viktig i en overvåkningssituasjon. Man kan for eksempel skanne et helleristningsfelt som er utsatt for vær, vind og annen slitasje. Etter noen år kan man komme tilbake og gjennomføre et tilsvarende skann, knyttet til de samme fastmerkene som det første. Deretter kan man sammenligne de to skannene for å se hvor slitasjen er størst, for deretter å sette i gang tiltak for å begrense skadene.

Hva kan vi gjøre med dataene?

I tillegg til det klare overvåkingsperspektivet som følger av gjentagende skann av samme objekt, vil skannet fungere som en sikkerhets kopi av det skannede kulturminnet. Videre vil den gi grunnlag for nøyaktige uttegninger av hele eller deler av det inskannede objektet i to eller tre dimensjoner.

Laserskanning fra fly og ved hjelp av bakkeskanner gir oss grunnlaget for å på en svært effektiv måte kunne analysere og tolke et landskap. Man har for eksempel mulighet til å fjerne data fra vegetasjonen i området, og kan således "se" gjennom trekroner og løvverk.

Data kan skyggelegges og høydeforskjeller kan manipuleres slik at man får fram detaljer i landskapet som ikke kan sees på flyfoto eller med det blotte øye. Dataene kan også legges inn i et geografisk informasjonssystem (GIS) hvor det kan kombineres med andre data for videre analyse. I tillegg kan man fargesette kartet slik at endringer i høyde eller helningsgrad kan forsterkes.

Eksempler på andre bruksområder

- **Dokumentasjon**
 - Ruiner, stavkirker og andre historiske bygg
 - Gjenstander som for eksempel kirkekunst
- **Sikkerhetskopi**
 - Alle typer kulturminner
- **Miljøovervåking:**
 - Ruiner under forvitring,
 - Bygninger i bevegelse
 - Kulturminner i landskapet
 - Arkeologiske gjenstander under forringelse
- **Forskning**
 - Deling av nøyaktig dokumenterte objekter over nett
- **Formidling**
 - Animasjoner, rekonstruksjoner i museet, på trykk eller via internett

Laserskanning per 2009

Et viktig moment før man foretar en skanning er å vite hva slags instrumenter man bør benytte seg av og hva man ønsker å få ut av skanningsdataene. Det finnes flere forskjellige typer skannere, og det er viktig at instrumentet passer til oppgaven. Denne teknologien utvikles imidlertid år for år, og skanneren som var i toppklassen i fjor er gammel i år. I skrivende stund (2009) er eksempelvis skannere med realistisk fargegjengivelse i ferd med å bli standard.

Skanning hos NIKU

Det har vært kjørt prosjekter på skanning som registrerings- og dokumentasjonsmetode fra fly over flere år. Videre skal dette kombineres med innskanning av kulturminner også fra bakken. Nytt av året er at vi nå vil kombinere alle disse registreringsmetodene inn mot større registreringsprosjekter, som vei og jernbane i fylkeskommunene.

NIKU satser nå bredt på videreutvikling av disse metodene, og tjenesten tilbys nå også utad mot våre kunder og samarbeidspartnere. Vi har investert både i utdanning av personale, maskinvare og programvare. Ikke minst har vi også bygget opp et nettverk med flere ulike samarbeidspartnere som gjør at vi etter hvert kan levere bredt innen dette feltet. Vi har sterk tro på at kombinasjonen satellittbilder, fly- og bakkeskanning samt ulike geofysiske metoder vil gi meget gode resultater inn mot registrering av arkeologiske kulturminner både på og under bakken.

Målet må være at kulturminneforvaltningen, ved at en i større grad å benytte mer høyteknologiske metoder, kan bli mer effektiv i felt. Samtidig vil vi oppnå bedre arkeologifaglig- og forvaltningsmessige resultater. Kanskje den viktigste delen av dette prosjektet er NIKUs kombinasjonen av høy kulturfaglig kompetanse og spisskompetanse på skanning og datateknologi. Det er møtet mellom to fagfelt som her skaper resultater både for forskning, forvaltning og i bevaringssammenheng.

Noen fakta:**NIKU benytter en rekke ulike typer skannere:***Landskap***Long-range pulsskanner** (eks. Trimble GS200)

Effektiv rekkevidde inntil ca. 200m

Maks 6.5mm avvik på 200m

Data: ASCII

*Bygg/objekt***Faseskanner** (eks. Leica HDS6000)

Effektiv rekkevidde mellom 1 og 25m

Maks 6mm avvik på 1-25m

Maks 10mm avvik på 25-50m

Data: ASCII

*Gjenstand***Optisk skanner** (eks. GOM Atos III)

Effektiv rekkevidde inntil 2m

Forskjellige laserinstrumenter – forskjellige formål

Pulsbasert skanner: Såkalt *time-of-flight* skanner, hvor instrumentet måler tiden det tar fra strålen blir sendt ut fra instrumentet til den kommer tilbake. Ut i fra dette prinsippet kan avstanden til det skannede objektet beregnes. Disse instrumentene måler store områder svært raskt, men har noe lavere oppløsning enn andre skannere. Eksempler på pulsbaserte skannere: Leica ScanStation, Trimble GS200

Fasebasert skanner: En type skanner som sammenligner bølgelengden i returstrålen med strålen som ble sendt ut, og som på denne måten beregner avstand til det skannede objektet. Fasebaserte skannere har begrenset rekkevidde, men er raske og opererer med relativt høy oppløsning. Eksempel på fasebasert skanner: Leica HDS6000

Optisk skanner: En skanner som ved hjelp av kameraer, projisert lys og triangulering innhenter tredimensjonal informasjon. Ved hjelp av denne typen instrument kan man oppnå detaljnivå ned til 1/200 av en millimeter. Oppsett og skanning tar imidlertid lang tid og instrumentet er ikke spesielt egnet for feltarbeid. Eksempel på optisk skanner: GOM Atos III

Hva er laser?

Laser står for *light amplification by stimulated emission of radiation*. Altså en optisk strålingskilde hvor strålingen forsterkes ved stimulert emisjon. Laserstråler kjennetegnes ved at de normalt er sterkt konsentrert, har meget liten spredningsvinkel og strålediameter og er ensfarget. Laser brukes i måleinstrument innen mange ulike områder, der det brukes til å måle blant annet avstand, hastighet og akselerasjon.

Lasersikkerhet og laserklasser

Laserskannere som brukes av NIKU og våre underleverandører er alle klassifisert og merket i samsvar med strålevernforskriften og normen NEK EN 60825-1 (IEC 60825-1). Denne forskriften sikrer sikker bruk av laserinstrumenter

Puls- og fasebaserte laserskannere opererer innenfor laserklassene 2 til 3R. Innenfor disse klassene kan en laserskanner opereres uten behov for ekstra sikkerhetsutstyr.

Dataleveranser og dataformat

NIKU leverer som standard rådata i forskjellige formater avhengig av type prosjekt og type skanner.

STL	Stereolitografifil som beskriver en overflate i 3D
TXT	Egendefinert ASCII-format
PTS	Standardformat fra Leica. Inneholder x, y og z koordinater samt intensitetsinformasjon fra laserskanneren

Andre filformater kan også leveres dersom dette er ønskelig. NIKU garanterer for inntil 3 års lagring av rådata, mens tiltakshaver står som ansvarlig for lagring utover dette tidsrommet.