



LASERSKANNING OG RØNTGENFOTO

Hvordan brukes det i verneverdige trebygninger?

AV MILLE STEIN, LARS GUSTAVSEN OG BARBRO WEDVIK

Tradisjonelle metoder brukt ved bygningsundersøkelser av verneverdige bygninger kan være tidkrevende, og medføre fysiske inngrep for å avdekke skjulte strukturer, eksempelvis å løsne veggtrekk og panel. Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) har testet om oppmåling med bakkebasert laserskanner og undersøkelse av skjulte strukturer ved hjelp av røntgenstråler er egnet som ikke-destruktive metoder til bygningsundersøkelser. Resultatet er positivt. Begge metodene kan effektivt gi bedre dokumentasjon og ny kunnskap om en bygning, forutsatt at dataene og bildene tolkes av bygningskyndige, fortrinnsvis med god kunnskap om det aktuelle undersøkelsesobjektet.

Verneverdige bygninger bør være dokumentert og tilstandsundersøkt slik at de kan forvaltes hensiktsmessig. Dokumentasjonen bør omfatte oppmåling, fotografering og verbalbeskrivelse. Tilstandsundersøkelsen bør omfatte en systematisk gjennomgang av hele bygningen for å kartlegge ustabile strukturer slik at det kan utvikles en istandsettelses- og vedlikeholdsplan.

Vi har vurdert om skanning med laserlys og røntgenfotografering er egnet til å dokumenter og tilstandsundersøke verneverdige trebygninger.

OPPMÅLING

Oppmåling gir en kvantitativ formbeskrivelse som skal være etterprøvbart, og utføres tradisjonelt med ruteark, blyant og tommestokk som basisredskap.¹ I Norge er dette fremdeles den mest anvendte oppmålingsteknikken innen kulturminnevernet, selv om man i de siste tiår også har benyttet håndholdt lasermåler og fotogrammetri; sistnevnte er en metode basert på målinger på rektifiserte fotografier av den aktuelle bygningen.²

Oppmåling med laserskannere har her til lands vært relativt lite benyttet innen bygningsvernet. Laserskannere generer måledata om en bygning, et rom eller en overflate i et digitalt format. Ved tradisjonell oppmåling bestemmes målestokken på forhånd, betinget av formålet med oppmålingen. Tilsvarende må man ved laserskanning bestemme oppløsningen på forhånd, betinget av formålet med oppmålingen. Med oppløsning menes avstanden mellom målepunktene. Jo tettere målepunktene ligger, jo større blir detaljeringsgraden i oppmålingen.



Oppmåling av Kartesrudbygningen, Norsk Folkemuseum, med terrestrisk laserskanner. Alle fotografiene i artikkelen er tatt av NIKU i 2010.

1 Drange, Aanensen et al. 2003, s. 306–307.

2 Storsletten 2000, s. 41–42.

TILSTANDSUNDERSØKELSE OG RØNTGENFOTOGRAFERING

Røntgenfotografering av mindre og flyttbare objekter, som malerier, treskulpturer og arkeologisk funnmateriale har en lang historikk innen kulturminnevernet.³ Røntgen blir blant annet brukt til å undersøke hvordan et objekt opprinnelig ble laget, og til å tilstandsundersøke dets indre strukturer. Men utstyret har vært uegnet til bygningsundersøkelser da røntgenrøret forutsatte tilgang til trefaset strøm på stedet, og fremkalling av røntgenfilm forutsatte tilgang til mørkerom. Forbedret røntgenteknologi åpner for nye muligheter. Små, batteridrevne røntgenrør og digitale billedplater som «fremkalles» på en skanner som kan tas med ut i felt, kan brukes til å tilstandsundersøke og dokumentere ikke-flyttbare objekter og bygninger. Skjulte strukturer kan således undersøkes uten å demonteres.

OVERVÅKING

Forvaltere og eiere av verneverdige bygninger bør overvåke sine bygninger slik at tilstandsendringer oppdages på et så tidlig stadium at tiltak kan iverksettes før skadene blir store og kostbare å utbedre. Overvåking av bygninger har tradisjonelt vært utført med gjentatt verbalbeskrivelse, fotodokumentasjon og tradisjonell oppmåling. Det vil si med metoder som er til dels lite objektive og hvor dataene kan være vanskelige å sammenligne dersom ikke datahøstingen er utført av en og samme person.

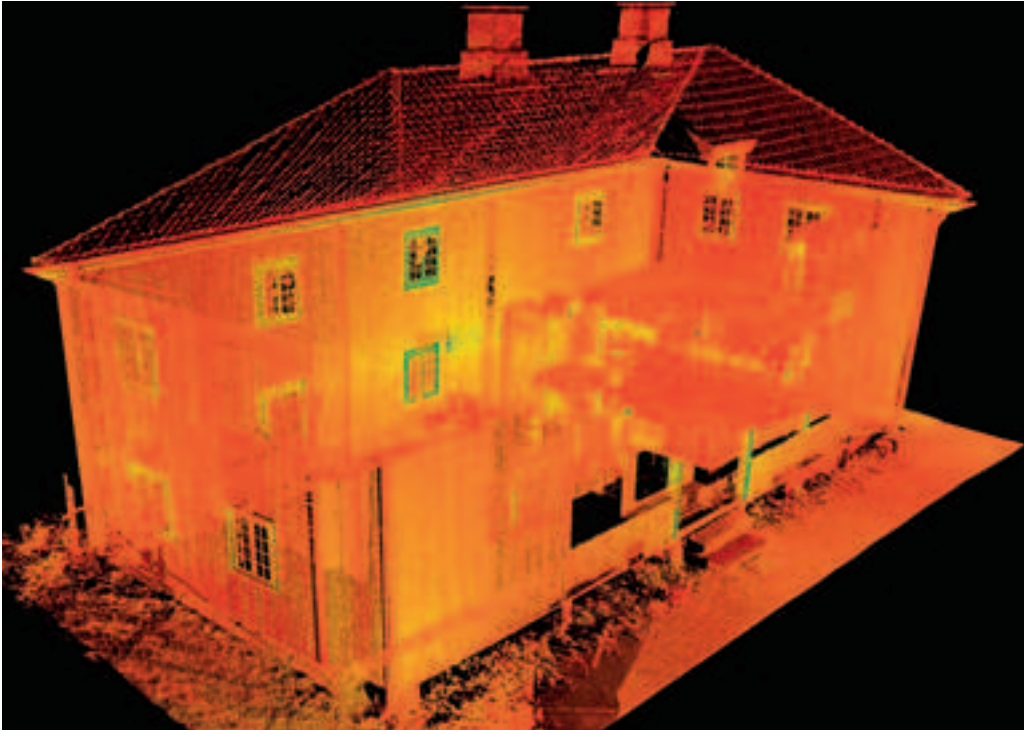
MÅL OG METODE VED SKANNING OG RØNTGENFOTOGRAFERING

Målet var å finne ut hvilke muligheter og begrensinger bakkebasert (terrestrisk) laserskanner og mobilt og digitalt røntgenutstyr har i forbindelse med dokumentasjon, tilstandsundersøkelse og overvåking av verneverdige bygninger.

Vi laserskannet Karterudbygningen på Norsk Folkemuseum utvendig, samt et rom og utvalgte bygningsdetaljer i samme bygning. Det ble brukt bakkebasert laserskanner med forskjellig målenøyaktighet. Resultatene ble vurdert med hensyn til kvalitet, effektivitet og egnethet til dokumentasjon og overvåking.

Vi røntgenundersøkte utvalgte områder i samme rom som ble laserskannet. Det ble brukte batteridrevet røntgenrør, digitale billedplater og en skanner, slik at røntgenbildene kunne «fremkalles» umiddelbart. Flere typer strukturer, materialkombinasjoner og overflatebehandlinger ble røntgenfotografert og undersøkt for å gjøre oss kjent med røntgenrørets kapasitet med hensyn til gjennomtrengningseffekt, og hvordan ulike materialkombinasjoner viser seg på røntgenbilder. Røntgenbildene ble vurdert i forhold til den merinformasjon de ga sammenlignet med hva vi observerte med det blotte øyet.

³ Lang and Middleton 2005, forord.



Det ferdigredigerte datasettet fra laserskanningen av Karterud. Datasettet består av en tredimensjonal koordinatfestet punktsky og har derfor et gjennomsiktig preg. Fargene i punktskyen er et resultat av styrken på de registrerte retursignalene. De gjengir altså ikke fargene på huset. Skanning: NIKU/Geoplan 3D 2010.

Karterud er et våningshus fra ca. 1700.⁴ Det ble flyttet fra Austmarka i Eidsskog (Hedmark) til Norsk Folkemuseum i 1942–43. Karterud er en laftet bygning, panelt ut- og innvendig og oppført på en tørrmurt grunnmur. Bygningen var opprinnelig i en etasje. På midten av 1700-tallet ble den ombygget til en toetasjes bygning. Vinduene ble skiftet i annen halvdel av 1800-tallet, men «tilbakeført» til antatt originalformat ved gjenoppsettingen på museet. Øststuen, det rommet de fleste undersøkelsene ble utført i, har malt veggdekor som illuderer tapet over en imitert, gul brystning, peis og brannvegg. Huset var i til dels dårlig stand da vi begynte våre registreringer, med en del synlige råteskader i svillen og i panelet på nordveggen.

⁴ Museet har god fotodokumentasjon av bygningens eksteriør slik det var før flytting til Folkemuseet og enkelte mindre gode interiøropptak. Bygningen ble oppmålt sommeren 1942, før demontering. Det er ikke funnet dokumentasjon som beskriver remontering og restaurering av bygningen.

BAKKEBASERT LASERSKANNER

Laserteknologi har lenge vært i bruk innen forskjellige typer industri, der den har vært benyttet til blant annet kontrollmålinger og kvalitetssikring. De siste ti årene har teknologien også blitt tilgjengelig for kulturminneforvaltningen, hvor den brukes til å dokumentere alt fra historiske landskap, verneverdige bygninger og bygningsdetaljer til arkeologiske lokaliteter og gjenstandsfunn.⁵ Til forskjell fra vanlig lys er laserlys ensfarget. Laserlys kan derfor brukes til presise avstandsmålinger.

Ved hjelp av et laserskanningsinstrument beregnes avstanden og vinkelen mellom instrumentet som sender ut stråle, og objektet som den treffer. Ut fra denne informasjonen er det mulig å beregne koordinater i et koordinatsystem på den skannede overflaten. Lasersignalenes frekvens kan være inntil flere hundre tusen per sekund, og målingen resulterer i en såkalt punktsky, en representasjon av det skannede objektet bestående av millioner av punkter.

Laserskanneren som ble brukt var Leica HDS6000. Dette er en faseskanner som måler forskjellen mellom den utsendte laserstrålens bølgefase og den returnerte. Utstyret består av en laserskanner med stativ, referanseskiver, batterier og bærbar PC. I tillegg kan man bruke GPS og en totalstasjon for å kartfeste dataene. En totalstasjon består av en avstands- og vinkelmåler og en mikroprosessor for registrering, beregning og lagring av data. Laserskanningen kan inndeles i tre faser: 1) innplassering av objekt og referanseskiver i et kjent koordinatsystem, 2) skanning av objektet, 3) bearbeiding av data for lagring, eventuelt for målsatt uttegning.

Fase 1: Laserskanneren plasseres i nærheten av objektet som skal skannes. Referanseskivene plasseres rundt skanneren og måles inn ved hjelp av totalstasjonen slik at de kan brukes som koordinatfestede referansepunkter når de innsamlete data i ettertid skal bearbeides til ett samlet datasett om objektet.

Fase 2: Instrumentet skanner 360° rundt vertikalaksen. Laserstrålene sendes via et speil som sprer strålene 310° rundt instrumentets horisontalakse. Laserskanneren flyttes rundt objektet som skal måles opp. Jo mer uregelmessig og kompleks formen på objektet er, jo flere posisjoner kreves for å unngå mangler i datasettet. Punktskyen som bygges opp ettersom instrumentet skanner overføres deretter til en PC for viderebehandling og lagring. Datasettet inneholder informasjon om det enkelte punkts plassering. I tillegg kan et speilreflekskamera med vidvinkel linse festes på stativet som benyttes til skanningen. Bilder fra dette kameraet kan benyttes i etterkant til å generere farger i datasettet, hvilket gjør det lettere å tolke punktskyen.

RØNTGENSTRÅLER ER FARLIG

Røntgenstråler kan være farlig for mennesker. Stråleskader kan oppstå hvis man utsettes for stråledoser som overstiger definerte grenseverdier. Derfor må man være sertifisert røntgenoperatør for å kunne ta røntgenbilder, og bedriften man arbeider i må være godkjent av Statens Strålevern. Faregrensen er definert av Statens Strålevern og angitt i stråledose

5 English Heritage 2007, s. 7.



Vertikalsnitt gjennom punktskyen i nordre del av Øststuen. Bildet viser hvordan man kan generere snitt gjennom en bygning og deretter legge til måleverdier mellom de forskjellige bygningsdelene. Skanning: NIKU/Geoplan 3D 2010.

Fase 3: Når objektet er ferdigskannet og dataene overført til PC, kan de individuelle punktskyene slås sammen til ett enkelt datasett. Dette kan bearbeides videre etter behov, til uttegning av plan og snitt, analyser og visualisering. Deretter kan filene eksporteres til standard tekstfilformat for langtidsarkivering.

Skanningen kan utføres i fem forskjellige oppløsninger, avhengig av formålet og krav til detaljnivå. Jo høyere oppløsning, jo flere detaljer, jo mer tidkrevende.⁶ Å skanne med høyeste oppløsning tar ca. 60 ganger så lang tid som å skanne med laveste oppløsning.

BAKKEBASERT LASERSKANNER – RESULTATER

Eksteriøret og Øststuen ble skannet. Skanningen ble gjennomført av to personer i løpet av én arbeidsdag. I tillegg ble det brukt én arbeidsdag til prosessering og sammensetting av datasettene.

Eksteriøret ble skannet fra seks posisjoner. Det ble skannet med en punkttetthet på ca. 6 mm ved 10 m avstand («high»). Øststuen ble skannet fra tre posisjoner, med samme oppløsning.

Det ble målt til sammen ca. 316 millioner punkter, hvorav 140 millioner utgjør det ferdigredigerte datasettet. Datasettet ble deretter behandlet i et program hvor uønskede punkter og overflødig data ble fjernet. Ved hjelp av disse punktene kan man måle avstand og vinkler mellom bygningsdeler.

For å finne ut om terrestrisk laserskanner kan brukes til å registrere fine teksturer, som de malte tapetimitasjonene i Øststuen i Karterudbygningen, ble utvalgte områder detalj-skannet med

⁶ En 360° omdreining med skanneren bruker henholdsvis 25 sek. på laveste oppløsning og 26 minutter og 40 sek. på høyeste oppløsning.



Røntgenfotografering av råteskadet svill og panel på nordveggen i Øststuen. Til venstre: Røntgenrøret var plassert i krypkjeller og rettet mot billedplaten på utsiden av veggen. Røntgenbildet som ble tatt, ses øverst på neste side.

nest høyeste oppløsning, dvs. med en punkttetthet på ca. 3 mm ved 10 m avstand («highest»). Til tross for denne punkttettheten lot det seg ikke gjøre å registrere overflateteksturer, hverken på tapetimitasjonen eller på det værslitte ytterpanelet.

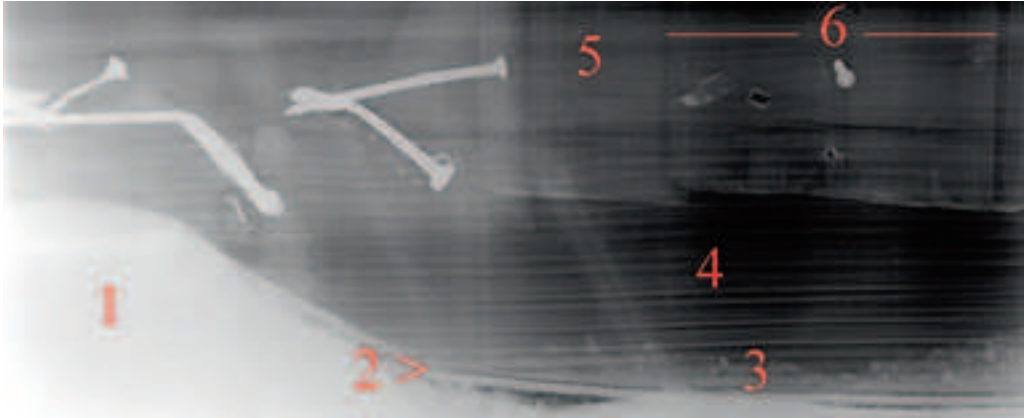
DETALJRIKDOM OG EFFEKTIVITET

Laserskanningen av bygningsmassen var vellykket og det ferdigredigerte datasettet viser hvilket potensiale som ligger i denne metoden. Metoden er mer effektiv og mer nøyaktig enn manuell oppmåling. En manuell oppmåling av en tilsvarende bygning vil normalt gjøres i målestokk 1:50. Arbeidet, inkludert rentegning, vil ta ca. syv dagsverk.⁷ Laserskanningen og databearbeidingen av Karterud (inkludert arbeidet i Øststuen) tok fire dagsverk (to i felt og to til dataprosessering). Det demonstrerer at laserskanning er mer effektivt enn manuell oppmåling. I tillegg vil man høste langt flere og mer presise måledata fra laserskannet. Som for eksempel å måle uregelmessigheter i det utvendige panelet, eller speilene på et dørbord.

I det ferdige datasettet er det altså mulig å lage forskjellige snitt gjennom bygningen for så å inspisere og kvantifisere eventuelle avvik, samt å måle avstander og vinkler mellom forskjellige bygningselementer og -detaljer.

Ettersom datasettet er referert mot midlertidige fastmerker i området, er det også mulig å overvåke bygningen over tid. Ved å skanne bygningen med flere års mellomrom kan man således registrere eventuelle endringer i konstruksjonen slik at man på et tidlig tidspunkt kan iverksette utbedringer.

⁷ Opplyst av overingeniør Jan Michael Stornes, NIKU.



Røntgenbilde nordveggen i Øststuen i Karterud. Bildet viser grunnmur (1), nedre del av svill (4) og stående, utvendig panel (6). Spikrene og steinene i grunnmuren tegner seg lyst på røntgenbildet da disse objektene har absorbert det meste av røntgenstrålene. Der svillen ikke er kledd med panel sees tydelig forskjell på vårved og sommerved. Sistnevnte er lettere enn sommerveden, og sees seg derfor som mørkere striper mot dennes bakgrunn. Mellom grunnmuren og svillen ligger en tjærepapp (2). Småstein sess som lyse «prikker» (3). Røntgenbildet ble tatt med 120kV, 1mA, 15 sek. Avstand rør-grunnmur: ca. 45 cm.

For optimal benyttelse av slikt utstyr til dokumentasjon og overvåking er man avhengig av tre typer kompetanse. Ved planlegging, gjennomføring og resultatbearbeiding er det behov for spesialkunnskap om skanning, databearbeiding og bygningsteknikk.

RØNTGENFOTOGRAFERING

Når et røntgenapparat slås på dannes det røntgenstråler. De usynlige strålene er kortbølggede og kan trenge gjennom materialer som er ugjennomtrengelig for synlig lys. Gjennomstrømmingen er betinget av materialenes tetthet og tykkelse, og av eksponeringsparameterne (spenning målt i kilovolt, strømmengde målt i milliampere og eksponeringstid målt i sekunder).

Lette og tynne materialer gir mulighet for mer gjennomstrømming enn tyngre og tykkere materialer. Jo mer stråler som trenger gjennom objektet, jo mer svartes røntgenfilmen som er plassert på den andre siden av det. Et røntgenbilde av en spiker i et furupanel vil tegne seg lyst på røntgenbildet, sammenlignet med furupanelet, fordi spikeren er laget av et tettere materiale enn treverket.

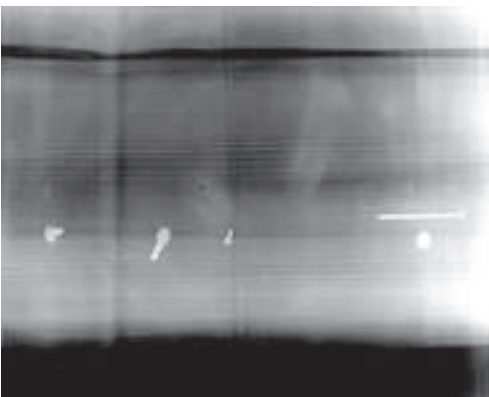
Utstyret som ble benyttet til røntgenundersøkelsen av Karterud består av et batteridrevet røntgenapparat (ICM CP120B), fosforbaserte billedplater, skanner og bærbar pc med spesialprogramvare. Vekt, størrelse og batterifunksjon gir stor fleksibilitet i forhold til plassering og montering av røret.



Området på nordveggen i Øststuen som ble røntgenfotografert er markert med rød ramme til venstre. I midten og til høyre ses røntgenbildet av samme område, vist med to forskjellige kontrastfiltre. Filtrene fremhever fenomen som kan være vanskelig å se på et ikkefiltrert røntgenbilde, eksempelvis litt av en spiker i høyre billedkant.

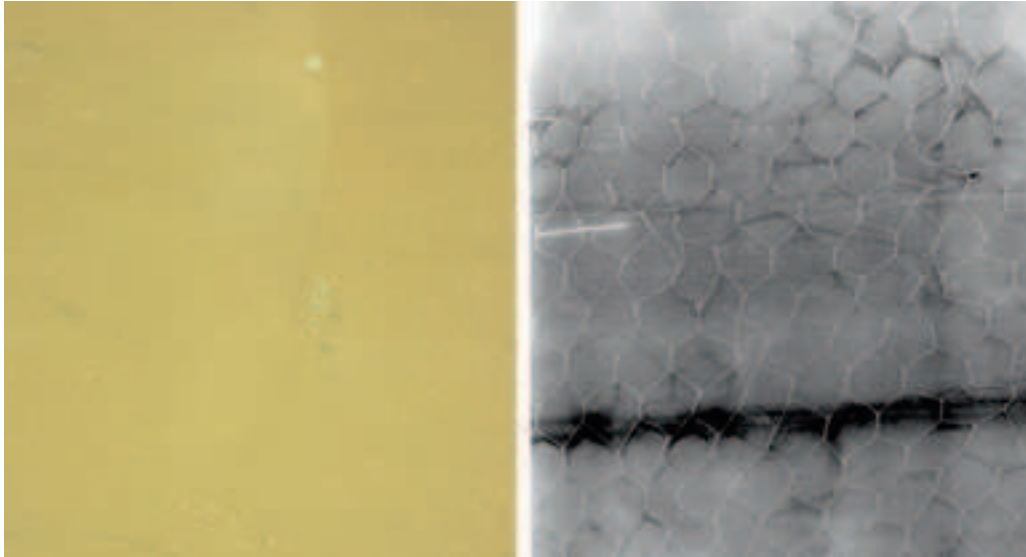
Røntgenfotografering med digitalt utstyr kan inndeles i tre faser: 1) røntgeneksponering, 2) skanning av den eksponerte billedplaten, 3) bearbeiding av røntgenbildet (råfilen) og konvertering av råfilen til standard billedbehandlingsprogram.

Fase 1. Eksponering. Billedplaten og røntgenrøret plasseres på hver side av objektet. Jo tettere kontakt det er mellom billedplaten og objektet, jo bedre (skarpere og mindre fortegnert) bilde får man. Spenning, strømstyrke og eksponeringstid stilles inn. Fordi de pikselbaserte røntgenbildene som blir generert fra billedplatene har langt flere gråtoner enn de konvensjonelle filmene, er ikke valget av eksponeringsparametere så avgjørende som det var ved bruk av konvensjonell film. De nye røntgenrørene er også mer effektive, og eksponeringstiden kan derfor reduseres betydelig, fra minutter til sekunder. Under eksponeringen må man oppholde seg utenfor faregrensen for stråling. Med NIKUs røntgenapparat kan det bety en sperresone på opptil 135 meter.⁸



Røntgenbilde av veggfelt som vist på på bildet øverst til venstre, men her uten filter.

⁸ Sperregrensen er definert ut i fra en grenseverdi for røntgenstråleeksponering på tredjeperson på max. 7,5µSv/t. Se Veiledning om industriell radiografi (2004, s.15).



Den gulmalte brannmuren. Røntgenopptak av brannmuren viser at brannmuren ikke er en brannmur, bare et svært tynt pusslag, armert med høsenetting, lagt utenpå tømmerveggen. (Røntgenbildet ble tatt med 120kV, 1mA, 30 sek. Avstand rør-vegg: ca. 65 cm.)

Fase 2. Billedplaten skannes. I løpet av et par minutter kommer røntgenbildet opp på data – skjermen.

Fase 3. Ved hjelp av programvarens filtre og verktøy, spesiallaget for analyse av røntgenbilder, kan man bearbeide røntgenbildet og fremheve særlig interessante observasjoner og områder. Deretter eksporteres og lagres bildene i standardfilformat (.tiff eller .jpg).

DET USYNLIGE BLE SYNLIG

Det ble tatt røntgenbilder av grunnmur og svill, samt yttervegg ved vindu og av brannmuren ved peisen.⁹

På Karterud erfarte vi følgende: 1) Røntgenutstyret er egnet til feltarbeid fordi det er mobilt, digitalt og effektivt i forhold til de fleste materialer brukt i gamle trehus. 2) Røntgenbildene kan gi god informasjon om eldre, ikke-synlige reparasjoner som kan være nyttig ved tilstandsvurderinger og ved planlegging av nye reparasjoner. 3) Røntgenbildene kan brukes til å undersøke byggeteknikk og i visse tilfeller også materialbruk, eksempelvis at brannmuren bare besto av et tynt lag armert puss. 4) Apparatets arbeidsområde er kraftig nok til å røntgenundersøke skjulte elementer i tosidig panelt lafteverk. 5) Spiker, kvister, årringer, reparasjoner o.l. syntes godt på røntgenbil-

⁹ På grunn av strålefare ble opptakene gjort om kvelden, etter at museumsområdet var tomt for folk.

dene. 6) Den synlige råten på svillen ikke var synlig på røntgenbildet. Dette kan indikere at råten bare var i det ytterste laget av svillen, og ikke truet dens stabilitet og styrke. 7) Malt dekor ikke syntes på røntgenbildene da den var malt med lite røntgenabsorberende pigmenter. 8) Det må føres en nøyaktig logg over røntgenopptakene, hvor de er tatt, stråleretning, eksponeringsparametere, etc. 9) Programvarens verktøy for lokal justering av gråtonene viste seg særlig nyttig for presentasjon og billedanalyse av de forskjellige materialer som en bygning gjerne består av, med store forskjeller i tykkelse og materialtetthet. 10) Tolkningen av røntgenbildene må gjøres i felt, og i samarbeid med bygningskyndige eller en som kjenner bygningen. 11) Apparatets arbeidsområde ikke er kraftig nok til å røntgenundersøke stein. Stein forårsaker spredt stråling som vanskeliggjør tolkning av røntgenbilde av områder nær stein. 12) Batteriene må lades ofte, særlig i kaldt vær. 13) Den store sikringssonen setter begrensinger for hvor og når røntgenundersøkelser kan utføres.

ENKELT Å UTFØRE, KREVENDE Å TOLKE

Røntgenrøret er lite og lett, noe som gjør det enkelt å plassere røret på vanskelig tilgjengelige steder, som for eksempel på stige eller i en krypkjeller. Den praktiske håndteringen av røntgenrøret ved eksponering er enkel. Bruken av helsesfarlige røntgenstråler krever imidlertid en del tilrettelegging. Muligheter for skjerming av rør og stråler bør undersøkes videre med tanke på å kunne redusere sikkerhetssonen, da dette kan gjøre flere bygninger til mulige undersøkelsesobjekter.

For di røntgenbilder gjør tredimensjonal informasjon om til todimensjonale bilder kan det være vanskelig å tolke røntgenbilder av så komplekse strukturer som de vi undersøkte på Karterud. Basert på røntgenbildet alene kan man ikke si hvor i en struktur eksempelvis en spiker er. Generelt kan man si at jo tykkere og mer sammensatt undersøkelsesobjektet er, jo vanskeligere er det å tolke røntgenbildet.

Ytterligere forvanskende er det om man ikke kan rette strålene vinkelrett på objektet. Forsøk på å hente informasjon ut av opptakene viste oss at vi behøver mye kunnskap om materialer og byggeteknikk for å kunne gjøre kvalifiserte tolkninger av røntgenbildene. Samarbeid med bygningskyndige ved tolkning av resultatet er helt nødvendig, og vurdering og tolkning av bildene bør foregå sammen med disse og i bygningen.

Røntgenbildene bør vurderes i sitt originalformat (råfilene) i programvaren som følger skanneren, da bare dette programmet gir mulighet for å hente ut all informasjonen som finnes i bildet.

STRÅLENDE RESULTATER

Oppmåling av bygninger utført med bakkebasert laserskanner er en tidsbesparende og kvalitativt sett god oppmålingsmetode. I ettertid kan man selv velge hvilke snitt man vil hente ut av punktskyen. Uttegning av data bør gjøres av bygningskyndige, i samarbeid med noen som kjenner bygningen, og fortrinnsvis på stedet. Da kvaliteten på oppmålingen er særs god, kan også laserskanning være velegnet til overvåking av ustabile strukturer i en bygning.

Røntgenfotografering av trebygninger er mulig med mobilt røntgenapparat med forholdsvis lav spenning, som har vist seg å ha et stort potensial med hensyn til å avdekke skjulte strukturer på en ikke-destruktiv måte. Røntgenfotografering kan være et svært viktig supplement til en bygningsundersøkelse. Røntgen kan også anvendes til å dokumentere materialbruk og bygnings-teknikk. utfordringen videre vil være å utføre systematisk røntgenfotografering av bygningsmateriale og ulike stadier av disse materialenes nedbrytning.

Mille Stein (f. 1950) er malerikonservator/forsker III hos NIKU i Oslo. Også arkeolog Lars Gustavsen (f. 1974) og malerikonservator Barbro Wedvik (1974) arbeider her.

Forfatterne ønsker å takke Norges Forskningsråd for finansiering av dette SIP-prosjektet. Takk til avdelingsleder Stian Myhren og Norsk Folkemuseum for bruk av Karterud som studieobjekt. Prosjektmedarbeiderne Annika Haugen og Edwin Verweij fortjener også takk, i likhet med medlemmene i NIKUs referansegruppe, Inga Fløisand, Knut Paasche og Jan Michael Stornes.

LITTERATURLISTE:

- DRANGE, TORE OG HANS OLAF AANENSEN ET AL. (2003): *Gamle trehus : historikk, reparasjon, vedlikehold*. Oslo: Universitetsforlaget
- ENGLISH HERITAGE (2007): *3D Laser Scanning for Heritage. Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture*. Swindon: English Heritage
- LANG, JANET OG ANDREW MIDDLETON (2005): *Radiography of cultural material*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann
- STORSLETTEN, OLA (2000): «Fra akvarell til fotografi – oppmåling i Norge» i *Byggnadsoppmåling* av P. Sjömar. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.
- STATENS STRÅLEVERN (2004): *Veiledning om industriell radiografi. Veiledning til forskrift om strålevern og bruk av stråling*. Østerås: Statens Strålevern.