

MIDDELALDERENS KALKMØRTLER

Et forslag til program for forskning, utvikling av praksis og formidling

Iselin Brevik, Tore Granmo, Annika Haugen, Tom Heldal, Elena Platania,
Morten Stige og Per Storemyr



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Murer

Tore Granmo AS



Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)

Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo

Telefon: 23 35 50 00

www.niku.no

<http://www.niku.no/>

Tittel MIDDELALDERENS KALKMØRTLER Et forslag til program for forskning, utvikling av praksis og formidling	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 339	Publiseringsdato 10.05.2024
	Prosjektnummer 1022687	Sider 30
	Avdeling Bygning	Tilgjengelighet Begrenset
Forfatter(e) Iselin Brevik, Tore Granmo, Annika Haugen, Tom Heldal, Elena Platania, Morten Stige og Per Storemyr	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-487-9	Oppdragstidspunkt / periode utført september 2023 – mars 2024
	Forsidebilde Mørtel. Fotograf: Fabrica Kulturminnetjenester AS	

Prosjektleder Annika Haugen
Prosjektmedarbeider(e) Iselin Brevik, Tore Granmo, Annika Haugen, Tom Heldal, Elena Platania, Morten Stige og Per Storemyr
Kvalitetssikrer Kjersti Ellewsen

Oppdragsgiver / finansiert av Riksantikvaren
--

Sammendrag Målet med prosjektet har vært å formulere et program, med tematikker for delprosjekter, for forskning, utvikling av praksis og formidling basert på tradisjonell bruk av kalk. Et overordnet og langsiktig mål har også vært å bidra til å styrke Kirkebevaringsprogrammet med relevant kunnskap og kompetanse. Prosjektet har blitt gjennomført ved to workshops, en hos Torben Seir AS i Helsingør, Danmark, som har gjennomført mange tynnsliksanalyser av norsk kalkmørtel de seneste desenniene, samt en i Oslo. Workshopen i Oslo hadde en god og bred tverrfaglig deltakelse og ga mulighet for innspill til å definere kunnskapshull og kompetansebehov. Kunnskap og status i dag, analyser og nedbryting samt utvikling av god praksis og formidling ble hovedtematikker.
Abstract The aim of the project has been to develop a programme, with themes for sub-projects, for research, development of practice and dissemination based on the traditional use of lime. An overall and long-term aim is also to contribute to strengthening the Church Conservation Program with relevant knowledge and expertise. The project has been carried out by two workshops, one at Torben Seir AS in Helsingør, Denmark, who has carried out many analyses of Norwegian lime mortar in recent decades, as well as one workshop in Oslo. The workshop in Oslo had a good and broad interdisciplinary participation and provided an opportunity for input to define knowledge gaps and competence needs. Knowledge and status today, analysis and weathering as well as the development of good practice and communication were among the main topics.

Emneord kalkmørtel, kalkpuss, middelalderens natursteinsmurverk
Keywords lime mortar, lime plaster, medieval masonry,

Avdelingsleder
Kjersti Ellewsen

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn og formål	7
2	Kunnskap og status i dag	9
2.1	Praktisk kunnskap om bruk av kalkmørtel og om murerhåndverket	9
2.2	Kunnskap om middelalderens kalkmørtler hentet fra bevart pussmateriale	11
2.3	Tilstand på mørtler etter istandsettinger de siste 30 årene	12
2.4	Skriftlig kunnskap om eldre kalkmørtler i Norge	14
3	Analyser og nedbryting	15
3.1	Materialanalyser koblet til bygningsarkeologiske studier på kirker under restaurering	16
3.2	Nye metoder for tynnslipsanalyser, samt andre materialanalyser	18
3.3	Felles standard for rapportering og arkivering av prøver	20
3.4	Utvikling av metoder for proveniensanalyse.....	22
4	Utvikling av god praksis	24
4.1	Utvikling av antikvarisk policy og veiledningsmateriell	24
4.2	Istandsetting som kunnskapsprosjekt	25
4.3	Kompetente aktører – Utdanning og kursing av murere, rådgivere og eiere	26
4.4	Riktige materialer – Materialtilgang og kriterier for valg av kalk	27
4.5	Kunnskapsdeling – Erfaringslæring. Rapporter og publisering. Møteplasser	29

1 Bakgrunn og formål

Norge er et land med lang trebyggetradisjon, og det er omfattende kunnskap om den historiske håndverkspraksisen knyttet til denne. Det har gitt avkastning når stavkirker og andre gamle trebygninger er satt i stand og holdt ved like. Steinarkitekturen har derimot ikke hatt samme posisjon, og til tross for at våre 159 middelalderkirker i stein er blant de høyest verdsatte kulturminnene i landet, har det blitt lagt mindre vekt på opplæring av murere og liten fokus på verdsetting av natursteinsmurverk og kalkmørtel som materialer.

Siden vi har så få steinbygninger fra middelalderen og førindustriell tid er det kritisk at så mye istandsetting de siste 100 år er gjennomført med feil materialer og med lite vekt på dokumentasjon av murverket. De skriftlige kildene er så godt som stumme om murenes håndverkspraksis i Norge frem til begynnelsen av 1800-tallet, og det bevarte murverket er den absolutt viktigste kilden vi har. Det er derfor viktig at disse murbygningene holdes i stand, og kildeverdiene dokumenteres. Det nye Kirkebevaringsprogrammet vil kunne bidra til dette.

Istandsetting av murverk er en destruktiv prosess som suksessivt gjør at kildeverdien blir redusert. Det er derfor av stor betydning at arbeidene gjøres med riktige materialer som er tilpasset det historiske murverket og gir lang levetid. Det er imidlertid også avgjørende å hente ut den informasjonen som ligger i og bak puss og fuger som del av istandsettingsprosessen. Murverket har ofte den samme juridiske status som arkeologiske kulturlag, men de stående bygningene behandles paradoksalt nok langt mer lemfeldig enn sporene som er etterlatt under bakken.

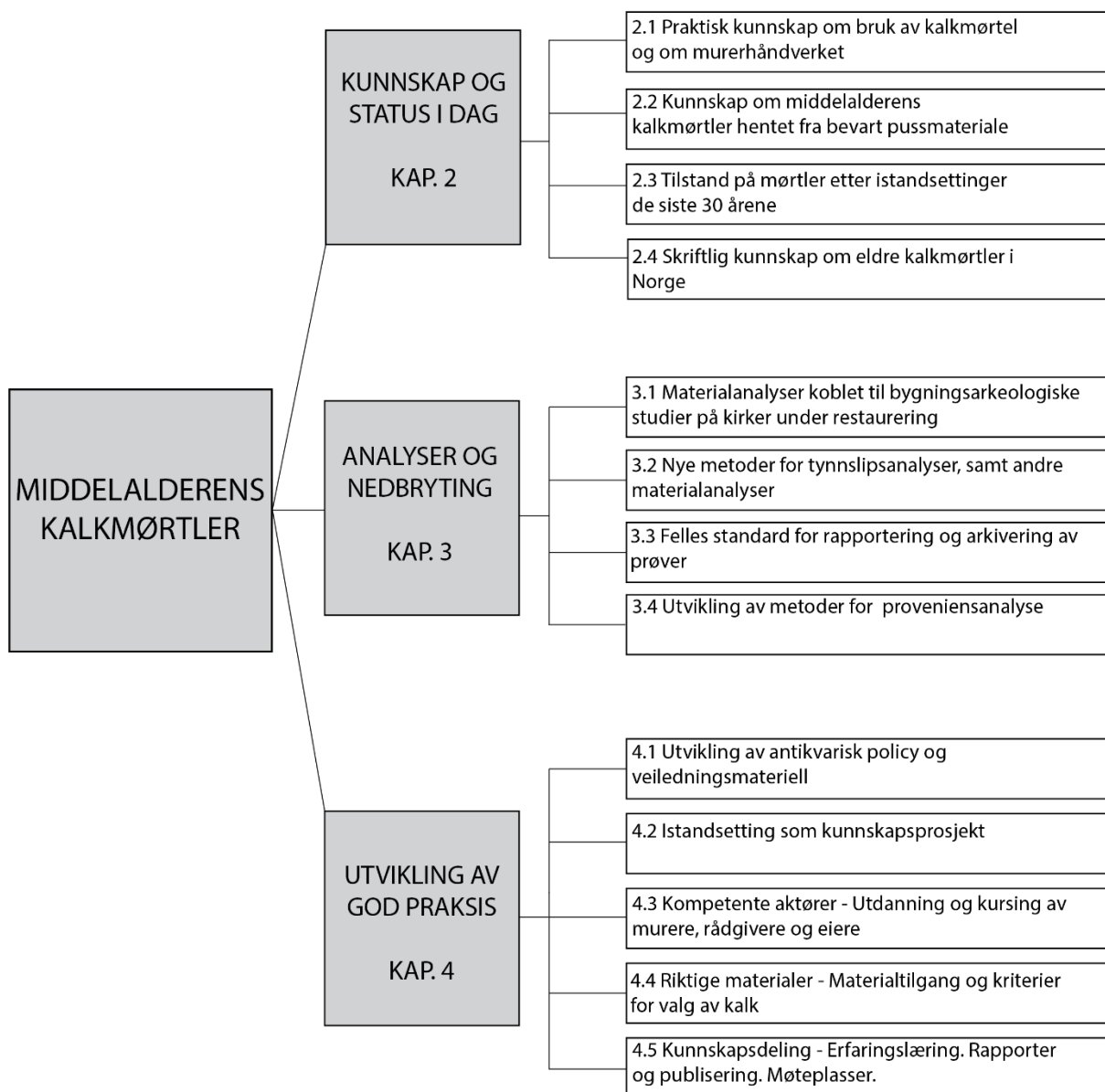
I 2023 ga Riksantikvaren et tilskudd til dette forprosjektet, som har hatt som formål å skissere et forskningsprogram om middelalderens kalkmørtler. NIKU har gjennomført forprosjektet i samarbeid med Fabrica kulturminnetjenester AS, Murer Tore Granmo AS og Tom Heldal ved Norges geologiske undersøkelse (NGU).

Mål og avgrensning for programmet

Det overordnede målet med dette forslaget til program er å heve kunnskapen om tradisjonelt natursteinmurverk, med fokus på middelalderens kalkmørtler, og dermed bidra til en gjennomtenkt og faglig begrunnet behandling av steinkirkene, og en mer bærekraftig praksis i de kommende istandsettingsarbeidene. Forslaget til program tar opp sentrale spørsmål og temaer og skal fungere som et skjelett for den kunnskap som må bygges opp rundt eldre kalkmørtler. Det skal samle kunnskap som eksisterer, både som base for ny kompetanse og kunnskapsutvikling, og ikke minst for å etablere et felles kunnskapsgrunnlag for istandsettingsprosjektene. Det gjelder middelalderkirkene i stein, men også andre bygninger oppført i naturstein med kalkmørtel i førindustriell tid, dvs. før ca. 1800. Forslaget til program konsentrerer seg om pussarbeider på utsiden av murene, men en kistemur må behandles som en helhet, og dermed blir også hele konstruksjonen og de innvendige overflatene berørt. Delprosjektene har fokus på natursteinsmurverk og går ikke direkte inn i problemstillinger knyttet til teglbygninger, men en del av resultatene vil ha overføringsverdi til disse. Det går heller ikke spesifikt inn på kalkmalerier og annen dekor/ kunstnerisk utforming av overflater, men også for dette området vil resultater fra programmet ha overføringsverdi.

Forslaget til program er utformet som en paraply (se bilde neste side), som fanger opp et spekter av problemstillinger definert som delprosjekter, for forskning, utvikling av praksis og formidling av tradisjonell bruk av kalk. Det er en del av målsetningen å bidra til Kirkebevaringsprogrammet ved å styrke og utvikle kunnskap og kompetanse innenfor dette fagfeltet. I tillegg til det rent faglige drøfter programmet hvordan det kan utvikles bedre løsninger for generell standardheving, lagring og tilgjengeliggjøring av rapporter. Det gjelder både prosjektrapporter fra istandsetting og analyserapporter fra materialundersøkelser.

Programmet består av tre hoveddeler; Kunnskap og status i dag (kap. 2), Analyser og nedbryting (kap. 3) samt Utvikling av god praksis (kap. 4). Hver del inneholder 4-5 delprosjekter. Dette betyr totalt 13 delprosjekter, som foreslås gjennomført med arenaer for jevnlig kunnskapsutbytte, se kap. 4.5.



Figur 1 viser hvordan rapporten er strukturert, med tre hovedkapitler og underliggende delkapitler.

2 Kunnskap og status i dag

De aller viktigste materialgruppene i våre eldste kirkebygninger er kalk, stein og tre. I forbindelse med kommende oppgraderinger av kirkene i Norge er bedre kunnskap om mangfoldet i tradisjonell kalkbruk viktig, ikke minst fordi de gode istandsettingene er helt avhengig av at de nye mørtlene kan samvirke med de eksisterende.

Problemstillingene knyttet til kalkmørtlene er komplekse, og et meget stort antall parametre påvirker kvalitet og holdbarhet. Kalkmørtlene finnes også i ulike former og med ulike oppgaver; for muring, fugging, ut- og innvendig pussing, slemming og hvitting. Det er viktig å utvikle tilstrekkelig kunnskap for å kunne ta riktige valg når middelalderens steinkirker settes i stand. Dette vil omfatte både framstilling, materialsammensetning, håndverksmessige metoder, bygningsmessige variasjoner og vedlikehold. I dette forslaget til program for kunnskapsutvikling har vi særlig vektlagt puss- og pussarbeider, jf. kap 2.1-2.4.

Kunnskapen om materialer, håndverk og vedlikehold har helt klart en praktisk verdi for oss i dag, for å kunne ta optimale, eller bevisste, valg. Kunnskapen om gamle håndverkstradisjoner har i tillegg en egenverdi som bør ivaretas.

Den kulturhistoriske konteksten vil også poengteres i alle delprosjektene. Det er viktig med kjennskap til bygningen man jobber med – man må kjenne bygningens historie og hvilken sammenheng og tradisjon den er del av; hva gjør at vi vil ivareta denne bygningen, hvor finner vi kulturminneverdiene, hva gjør den sårbar, hva er uerstattelig? Det vil også være nyttig og interessant å se bruken av kalk i et større perspektiv; forskjellene i ulike deler av landet, sammenlikne med liknende bygg, samt se på hvordan man har tilnærmet seg kalk som materiale i et internasjonalt perspektiv.

Det er et stort behov for oversikt, og overordnet trenger vi å vite mer om hvilken kunnskap vi sitter med idag; hva kan vi, hvor ligger kunnskapshullene, hvilken kunnskap er gått tapt og hvordan kan vi ivareta, eller gjenfinne den? Dette kapitlet vil dreie seg om kunnskapsstatusen i dag, og stiller spørsmål rundt praktisk kunnskap, kunnskap hentet fra bevarte eldre materialer, læring av konkrete istandsettingsprosjekter og skriftlig kunnskap.

2.1 Praktisk kunnskap om bruk av kalkmørtel og om murerhåndverket

Middelalderens muring med kalk er en brutt tradisjon fra en tid med svært lite skriftlige kilder. Det vil si at det hverken finnes nålevende tradisjonsbærere, eller samtidige beskrivelser, bortsett fra noen få nedtegnelser om kalkovner (f.eks. ved Halsnøy kloster og Oslo-området). Fra 17- og 1800-tallet er det mange kilder om råstoffer, tilvirkning og bruk av kalk, men disse reflekterer ikke nødvendigvis hvordan forholdene var i middelalderen. Den fragmenterte kunnskapen vi har bygger derfor på undersøkelser av bevart murverk og erfaringer fra praktisk arbeid med muring og kalkbrenning, spesielt siden ca.1990, samt fra våre naboland og Europa for øvrig, der kalk har hatt, og har, en mye større betydning enn i Norge¹.

Råstoffene og den tekniske prosessen ved framstilling av tradisjonelle kalkmørtler har vært svært forskjellige og det har vært lokale/regionale ulikheter/tradisjoner innenfor utførelse av muring og pussing rundt om i landet. Når vi nå står foran et omfattende istandsettingsarbeid av kirkene har vi behov for å **gjenfinne og bruke** den lokale/regionale, praktiske kunnskapen om tradisjonelle metoder

¹ Det er utgitt to oversiktspublikasjoner som gjengir og problematiserer den moderne «kalkrenessansen» i Norge fra 1990-tallet: Hjelmeland, B.-A. 1997. Mur til besvær. Fortidsminneforeningens Årbok, 151, s. 9-30. Storemyr P., Granmo, T. og Berner, T. 2023. Småskala kalkbrenning. Geologisk mangfold i kulturminnevernets tjeneste. Fortidsminneforeningens årbok, 177, s. 53-76. I den sistnevnte publikasjonen er det også en fyldig litteraturliste om forhold i våre naboland og ellers i Europa.

og materialbruk, samt å se på hvordan det lokale klimaet har spilt inn. Dette både for å skape en holdbar utførelse, og for å være i stand til å oppnå materiell- og prosessuell autentisitet.

På enkelte kirker finnes det bevart middelalderpuss utvendig, som ved tolkning kan gi god informasjon om middelalderens murteknikk og materialbruk. Men mye mørtel vil gå tapt i restaureringsarbeider og informasjon må derfor hentes ut når man har muligheter i forbindelse med arbeidene.

Å kjenne til og gå dypere inn i den helhetlige prosessen rundt tradisjonell framstilling og bruk vil kunne gi oss større forståelse for materialene og framgangsmåtene og deres egenskaper.

Noen viktige spørsmål i delprosjektet blir:

- Hvordan foregikk produksjonen av kalk og hvilke forskjellige mørtler har vi rundt om i Norge? Her er også kunnskap om geologisk opprinnelse til råstoff og tilslag svært viktig.
- Hva kan vi hente ut av informasjon fra de stående byggene – og hvordan kan vi gjøre det?
- Hvilke erfaringer er samlet etter mer enn 30 år med forsøk på å gjenoppta kalktradisjonene?
- Hvordan bruke håndverkspraksis for å gjenskape og forske på eldre mørteltyper og utføring?
- Kan de tradisjonelle prosessene utføres på en mer effektiv måte enn vi gjør i dag? I hvilken grad finnes kunnskap som ennå ikke er gjenoppdaget?
- Er tradisjonelle metoder og materialbruk mer bærekraftige enn moderne former for råstofftilvirkning og utførelse?
- Hvordan sikre kunnskap om den mørtelen som vil gå tapt i restaureringsarbeidene?

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

Dette delprosjektet omfatter å etablere kjennskap til, studere og analysere lokal/regional produksjon av kalk, variasjoner i mørtelsammensetning og utførelse, håndverkstradisjoner samt de ulike trinnene i prosessen. Hva har ulike metoder gitt av resultater? Hvorfor har man gjort det på dette viset? Hvilke egenskaper er det som gjør at bygningen har fått den alder den har? Her er det relevant med litteraturstudier for å forstå bygningshistorie og ikke minst materialanalyser.

Eksisterende murverk er et «historisk arkiv» over murteknikk og materialbruk. For å bringe denne info videre må relevant original fuging og pussarbeider dokumenteres og analyseres før restaureringsarbeider startes.

Å bli kjent med framstillings- og påføringsprosessen samt etterbehandling og videre oppfølging kan skape større forståelse for verdien av hvert trinn. Intervjuer med murere kan være en viktig del av dette.

Det er viktig å forstå konteksten og de bygningsfysiske egenskapene til hele murkonstruksjonen. Det vil derfor være nødvendig å sette sammen tverrfaglige grupper som har fokus på samspill mellom materialene og ikke kun hvordan de fungerer isolert. Den historiske konteksten er en viktig del av dette og bygningshistorisk / bygningsarkeologisk kompetanse er essensiell i den tverrfaglige gruppen.

Leveranse:

- 1) Samling av eksisterende praktisk kunnskap om kalkmurt natursteinsmur fra førindustriell tid i et «Kalkleksikon»: Et oppslagsverk på papir og nett som gir en håndverksmessig oversikt over kalkens historie som byggemateriale i Norge frem til 1800-tallet, sammen med en manual for bruk av kalk i restaureringsprosjekter i dag.
- 2) Filmdokumentasjon/digital dokumentasjon og presentasjon av de ulike trinnene i håndverksprosessen som supplement til manualen for bruk av kalk i restaureringsprosjekter.

2.2 Kunnskap om middelalderens kalkmørtler hentet fra bevart pussmateriale

Svært få, om noen, norske kirker har en ubrutt tradisjon med utvendig puss fra middelalderen. Pussnedhugging til bart murverk eller full utskifting av eldre kalkpuss er blitt utført på nesten alle våre middelalderkirker av stein. Vi har derfor bevart svært lite sikker daterbar utvendig puss fra middelalderen. Det gjør at kunnskapsgrunnlaget for å lage rekonstruksjoner av puss er tynt. Det er ønskelig å opparbeide kunnskap om bevart, utvendig middelalderpuss på kirker i Norge for å forstå opprinnelig materialbruk, praktisk utførelse, samt hvorfor materialet har vært så holdbart.

I den senere tid er det av tekniske, kulturhistoriske og estetiske grunner blitt påført ny puss på en del fasader som har stått renhugne eller med sementholdig puss i generasjoner. Det aktualiserer diskusjonen rundt materialvalg og har synliggjort behovet for systematiske undersøkelser av utvendige overflater på middelalderkirkene. Denne kunnskapen er avgjørende for å utvikle bevaringspolicier og samlende informasjonsmateriell.



Figur 2 - Hesby middelalderkirke. Foto: Fabrica kulturminnetjenester AS

I tillegg er det noen overordnede problemstillinger som kan undersøkes: Var kirkene alltid pusset? Var det forskjellig behandling av kvadersteinsmurverk og grovere bearbeidet natursteinsmurverk? Var portaler og dekor ubehandlet, eventuelt bemalt i andre farger?

For å få et bredere datagrunnlag vil det være aktuelt å samarbeide med fagmiljøer i våre naboland.

Delprosjektet har oppsummert minst tre forhold å avklare:

- Pussens egenskaper, dvs. kalktyper, sand, evt. andre tilsetninger og blandingen av dem
- Praktisk utførelse av pussarbeidet
- Eventuell avgrensning mot dekorative elementer

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

I dag kjenner vi bare til et fåtall kirker med bevart middelaldersk eksteriørpuss i Norge. Disse har blitt bevart fordi veggene senere ble bygget inn i sakristiloft o.l. Det forslås å undersøke 25-30 kirker med bevart eksteriørpuss i Sverige og Norge. I 5-10 norske kirker kan vi forvente sikre, daterbare pussflater. Det vil gi variasjon både regionalt og over tid og gi grunnlag for relativt solide konklusjoner.

Metodene som kan bli benyttet er arkivstudier for å avdekke gode studieobjekter og klargjøre bygningshistorie og restaureringshistorie i forkant. Feltarbeidet bør bestå av fotografering og beskrivelser med vekt på håndverksteknikker, samt uttak av mørtelprøver. Deretter tynnslipsanalyser i laboratorie for kvalitative og kvantitative analyser under polarisasjonsmikroskop. Spørsmål til analyse vil bl.a. være tilslag og bindemiddel, hydrauliske egenskaper og andre fenomener og f.eks. tilsetninger. Der det er mulig gjøres også tverrsnittanalyser for å studere oppbygging av puss- og kalklag.

Leveranse:

- 1) Resultater fra arkivsøk, feltarbeid og mikroskopianalyser samles. Det lages en rapport med katalog for hvert enkelt studieobjekt og en sammenfatning av resultatene. Til sammenfatningen bør en også trekke inn internasjonal litteratur og illustrasjonsmateriale fra middelalderen.

2.3 Tilstand på mørtler etter istandsettinger de siste 30 årene

Siden «kalkrenessansen» startet i Norge for mer enn 30 år siden, har mange prosjekter blitt utført med suksess, men mange andre har man hatt problemer med. Det finnes imidlertid ingen oversikt over hvilke kalkmørtler som er benyttet, ei heller systematiske analyser av hvorfor det i enkeltprosjekter har gått bra eller dårlig.

I hovedsak har det blitt benyttet 3 ulike mørtelsystemer de siste 30 årene:

- Våtlesket kalk med tilslag ofte i blandingsforhold 1:3
- NHL, ofte ferdigblandet, i styrkegradene 2, 3,5 og 5
- Varianter av hotmix, enten med fabrikkframstilt brentkalk eller tradisjonsbrent stykkkalk, ofte i blandingsforhold med tilslag 1:1 – 1:2

I tillegg har det nok blitt benyttet en del svak KC-mørtel, samt noe hydratkalk (tørresket kalk).

Mange av systemene har sviktet kort tid etter istandsettingsarbeidene. Det gjelder også i flere tilfeller der kalkene har blitt benyttet til slemming og hvitting. Siden det er så mange faktorer som spiller inn, er det vanskelig å si hva som har gått galt.



Figur 3 – Fra Hesby middelalderkirke. Foto: Fabrica kulturminnetjenester AS

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

For å kunne gi gode anbefalinger for fremtidig restaurering er det viktig å skaffe seg en så bred oversikt som mulig over status på arbeidene som er utført de siste 30 årene. Fokus bør ligge på pussarbeider som har stått seg meget bra, samt på pussarbeider som ikke har stått seg bra i det hele tatt.

Et første steg for å få oversikt, foreslås i dette delprosjektet, og innbefatter en omfattende nasjonal og internasjonal artikkel- og litteraturstudie om tematikken (state-of-the-art) samt studier av relevante arbeider som er utført på området, komplettert med dybdeintervjuer med kirkeverger og erfarne murere fra både Norge og øvrige Skandinavia. Intervjuene bør deretter følges opp med feltarbeid, materialanalyser og studier av andre relevante faktorer etter behov, for å kunne kartlegge og verifisere opplysninger.

Leveranse:

- 1) Offentlig tilgjengelige rapporter og artikler, med referanse-liste som er søkbar med stikkord
- 2) Oppsummerende rapport som gjengir helheten etter intervjuer med kirkeverger, murere og andre erfarne fagpersoner i først og fremst Norden, men også øvrige Skandinavia samt kompletterende feltarbeid og studier.

Oppsummerende notat/populærvitenskapelig fremstilling basert på 1 og 2, som f.eks. formidles via nettside.

Et eventuelt andre, oppfølgende steg av dette delprosjektet vil omfatte studier av konkrete eksempler på restaureringer med forskjellige mørteltyper og i forskjellig kontekst. Fokus bør fortsatt ligge både på spesielt krevende og spesielt vellykkede eksempler på arbeid.

2.4 Skriftlig kunnskap om eldre kalkmørtler i Norge

Generelt er den eksisterende kunnskapen som finnes om eldre kalkmørtler i Norge i dag spredt hos ulike faggrupper, som murere, konservatorer, arkitekter, ingeniører m.v., ulike institusjoner og ulike personer. For å tilrettelegge for riktige istandsettingsarbeider er det vesentlig at denne informasjonen samles og gjøres oversiktlig og tilgjengelig. Slik kan alle som jobber, eller skal jobbe, med eldre kalkmørtler ha mulighet til omtrent samme kunnskapsbasis for å utføre en jobb. Når vi står foran Kirkebevaringsprogrammet og år med mange og omfattende arbeider på steinkirkene er det spesielt viktig at vi henter fram den kunnskapen vi har, slik at et godt informasjonsgrunnlag er tilgjengelig, og slik at man er i stand til å ta gode avgjørelser. Å systematisere og skaffe en oversikt over eksisterende skriftlig kunnskap og faglitteratur om tradisjonelle mørtler vil kunne gi en bred base, og denne må være tilgjengelig for alle. Samtidig er det aktuelt å se til både øvrige Norden og Storbritannia; både for konkret, nyttig faglitteratur og for erfaringer fra liknende prosjekter.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

Delprosjektet vil bestå av søk, innsamling og tolkning/kritisk vurdering av 1) faglitteratur og 2) prosjekt- og analyserapporter som relateres til spesifikke bygninger.

Søk av faglitteratur: Delprosjektet gjennomføres gjennom et søk av et utvalg av litteratur og artikler samt kontakt med ulike fagmiljøer, for å kartlegge eksisterende relevant litteratur i Norge. Man bør også kontakte internasjonale miljøer og kartlegge litteratur utenfor Norge, særlig i Norden og Storbritannia. Litteraturen bør fordeles tematisk, slik at litteratur, artikler og rapporter blir søkbare. Sammensetning av ulike typer informasjon, fra ulike miljøer, vil også kunne generere ny kunnskap.

Innsamling av analyserapporter: Det blir viktig å drive søk- og innsamling av rapporter fra tidligere prosjekter og utførte analyser av tradisjonelle mørtler. I tillegg vil det være av interesse å se på andre rapporter som kan bidra til kontekstuell forståelse for eldre kalkmørtler. Her vil en del ligge hos Torben Seir AS i Helsingør, Danmark, som har sagt seg villig til å dele sine rapporter. Det finnes også enkelte mindre aktører i Norge som utfører mørtelanalyser, og det blir viktig å få kartlagt norske middelaldermørtel-analyser for å få et så bredt informasjonsgrunnlag som mulig. Mengdene med informasjon blir svært store og uoversiktlige. Derfor foreslås å i første hånd kartlegge rapporter som har mørtelanalyseresultater, med prioritering av middelalderkirkene, og gjøre en vurdering og prioritering av hva som bør offentliggjøres og hva som kan gi et bidrag til forståelsen innenfor fagfeltet. Vedtak/beslutningsdokumenter som er knyttet til-, eller som følger en analyse, kan knyttes til dokumentet gjennom en link eller saksnummer, som viser til Riksantikvarens arkiv.

Leveranse:

- Del 1: Litteratur- og artikkelliste
- Del 2: Liste over relevante arkiverte prosjekt- og analyserapporter

Både del 1 og del 2 formidles i form av bidrag til digitalt, søkbart (i database), bibliotek.

3 Analyser og nedbryting

Kalkmørtel brytes ned av en rekke naturlige og direkte menneskeskapte faktorer, som f.eks. mørtlens fysiske egenskaper, historiske hendelser, eldre istandsettinger, håndverksutførelse, eksponeringsforhold og bygningsfysiske fenomener, med fokus på fuktproblematikk og saltforvitring.

I de siste hundre år har det vært tette og harde sementmørtler, ofte sammen med uegnede overflatebehandlinger, som har stått for brorparten av skadene på middelalderkirker og andre bygninger oppført med kalkmørtler, inkludert skader på kalkmørtlene selv. Dessuten har nesten alle bygninger fått oppvarming, noe som drastisk har endret bygningsfysikk og dermed skadeforløp, noen ganger til det bedre, ofte til det verre. Dette er velkjent. Det er også velkjent at bruk av sementbaserte mørtler flere steder har stått seg relativt bra, naturligvis særlig der det har vært lite fuktpåkjenning.

Den viktigste formen for skader i kalk bak tette, sementbaserte mørtler, er fuktkonsentrasjon, oppløsning av- og frostskaider i den gamle kalken, oftest på værutsatte vegger. Dette gjør at man nå rutinemessig og uten forutgående analyse av situasjonen, i tillegg til å fjerne sementmørtlene, også fjerner all løs kalk ned til «fingerfaste» mørtler. Dette inkluderer kalkpuss og betyr i praksis at store mengder eldre mørtler, og dermed vitner om bygningenes historie, forsvinner uten dokumentasjon. Dette er et alvorlig problem og det kreves forskning for å finne ut av om det er nødvendig med slik hardhendt behandling. Kan bygningene stå greit med gamle, litt løse, mørtler bak ny spekking og pussing? Kan de stå greit selv om det er en del sement igjen i fugene? Motsatt finner en ikke sjelden eldre mørtler som over tid har blitt svært harde bak sementmørtler. Dette kan være et resultat av «self-healing» (rekrySTALLISASJON av kalk i bindemiddelet), men vanligere er det et langvarig resultat av bruk av naturlig hydrauliske kalker helt tilbake til middelalderen. Hydraulisk kalk har ofte den egenskap at den herder videre gjennom mange hundre år med fukttilgang. En følge er at den kan hindre god fuktbalanse i murverket på tilsvarende måte som sementbaserte mørtler. Spørsmålet er derfor hva en skal gjøre med slike kalker i en restaureringssituasjon, for bak oppsprukne lag er den jo svært «fingerfast». Dette har man ingen svar på i dag. Slike situasjoner gir videre en pekepinn på hva som kan skje over lang tid ved overdreven bruk av fabrikkframstilte, naturlig hydrauliske kalker, slik det har blitt vanlig de siste 20 årene (NHL). Her er det viktig å ha i mente at selv de svakeste NHL (2) har et høyere innhold av hydraulisk bindemiddel enn de aller fleste historiske, naturlig subhydrauliske kalker i Norge. Det er dessuten blitt vanlig å benytte hybridmørtler, f.eks. luftherdende kalker iblandet hydraulisk bindemiddel eller pozzolan. Hvor holdbare er disse over tid? Motsatt benytter en også rutinemessig svært rene, helt luftherdende kalker ved reparasjon av slike murverk. Slike kalker har sjelden blitt benyttet historisk i Norge og her er spørsmålet om de kan bli for svake, dvs. at de ikke klarer værbelastningene på utsatte steder.

Generelt er det naturligvis viktig å skaffe seg en så god oversikt som mulig over status på arbeidene de siste desenniene, og for å « redusere antall ukjente » er det viktig å utføre analyser av kalkene som har blitt benyttet. Man må kjenne deres egenskaper for å finne årsaker og kunne gi anbefalinger. Mørtelanalyser er helt essensielt for å forstå mangfoldet i egenskapene til de forvitrede og nedbrutte mørtlene, ikke minst for å kunne bringe på det rene om de fortsatt kan og bør ha en levetid på bygningene. Likeledes er mørtelanalyser sentrale for å forstå kvalitetsvariasjonene i kalkene man benytter til restaurering. I begge tilfellene dreier det seg ikke bare om tynnslipanalyser, men også om forståelse av poresystemet (porefordeling, permeabilitet, dampdiffusjon) i mørtlene, dvs. om de evner å balansere fuktigheten i en vegg – og om de har porer som gjør dem egnet til å motstå frost. Generelt gjelder at alle slike analyser må være målrettede, dvs. at man må utvikle en klar hypotese før man designer et analyseprogram. Man mistenker f.eks. ofte problemer med underlaget, at kalksesongen har blitt trukket for langt ut på høsten, manglende tildekking, håndverksutførelse etc., uten at det finnes entydige konklusjoner, og uten at situasjonene har blitt analysert med tanke på bygningshistorie, tidligere materialbruk, eksponeringsforhold, spesielle værforhold og bygningsfysiske aspekter. Et eksempel er arbeidet som nylig er utført på Gotland. Her fant man at håndverksutøvelsen, ikke minst vanskeligheter med håndtering av feite kalkmørtler, var den viktigste enkeltfaktoren som avgjorde om det ble suksess eller ikke. Mørtelanalyser var et godt hjelpemiddel i evalueringen.²

² Balksten, K. 2021. Utvärdering av kalkputs på Gotlands kyrkor. Rapport til Svenska kyrkan, Visby Stift. Balksten Byggnadsvård AB.

3.1 Materialanalyser koblet til bygningsarkeologiske studier på kirker under restaurering

Vi aner at det i middelalderen og etter-reformatorisk tid, før sement gjorde sitt inntog fra midten av 1800-tallet, var et like stort mangfold i mørteltyper som steintyper. Begge delene er stort sett et resultat av lokal og regional geologi.

Med så varierende geologi som Norge har, ble kalkmørtler for muring, fuging og pussing, samt til slemming og hvitting, mangfoldige. Det er ingen like mørtler i norske middelalderkirker. Og det er kunnskapen om det geologiske mangfoldet en må ha i bakhodet for å komme kalkmørtlene nærmere inn på livet. En ren, hvit marmor fra Vestlandet gir f.eks. en helt annen kalk enn en fossilrik kalkstein med masse iblandet leirstein fra Østlandet.



Figur 4 - Hesby middelalderkirke. Foto: Fabrica kulturminnetjenester AS

Middelalderkirker har gjerne gjennomgått utallige restaureringsfaser; det kan være lag på lag med mørtler som skjuler de som er fra den opprinnelige bygningsperioden. Derfor er det helt sentralt å utføre prøvetaking mens en kirke er under restaurering. Da åpnes gjerne murverket og en kan ta mange ulike mørtler i nærmere øyesyn.

Det er mange temaer som kan belyses ved mørtelanalyse. Derfor er det helt sentralt å stille de relevante spørsmålene før analysen starter. Analyseprosedyrene kan variere mye, alt etter om en har spørsmål om **kulturhistorie**, **tilstand** eller **murerpraksis**.

<https://www.svenskakyrkan.se/filer/500263/Utv%c3%a4rdering%20av%20Gotlands%20putsade%20kyrkor%202021-10-29%20l%c3%a5g.pdf>

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

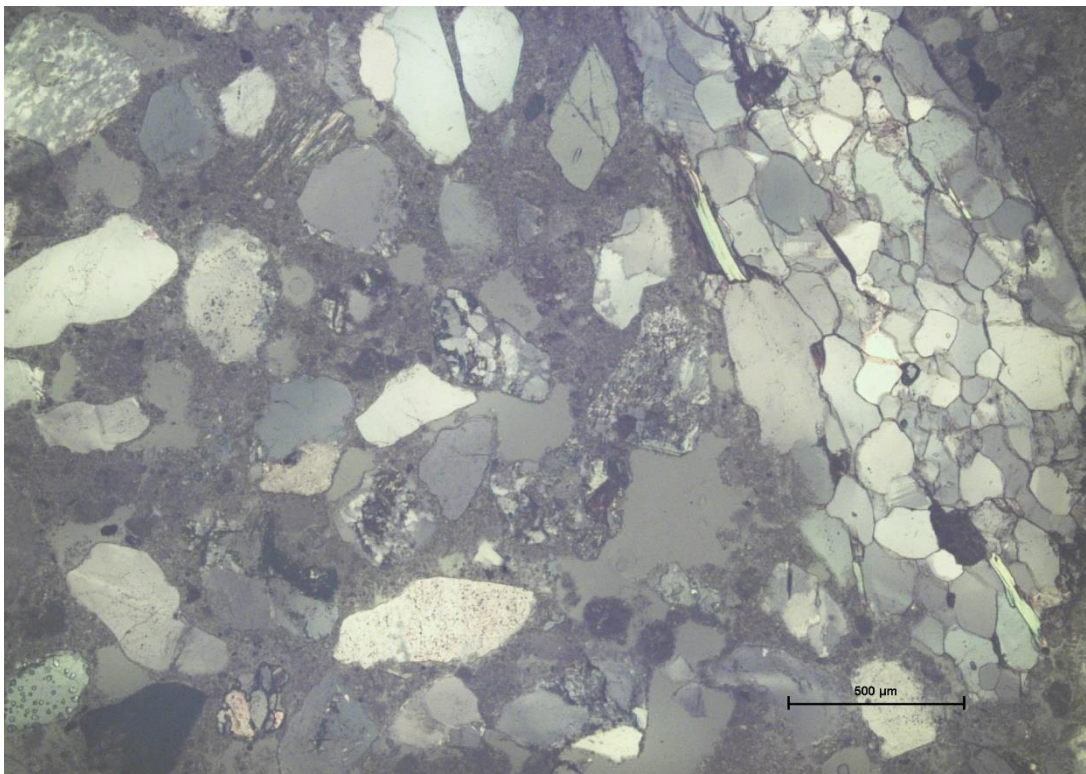
Det vil være opp til hvert istandsettingsprosjekt å vurdere behovet for prøver og analyser som kan dekke behovet for å forstå tilstand og utføre god murerpraksis, inkl. god dokumentasjon av prøvenes kontekst.

Eksempler på problemstillinger som typisk er aktuelle å stille seg i forbindelse med et istandsettingsprosjekt er:

- Skille mellom mørtler som kan være vanskelige å vurdere visuelt (mørtlenes «stratigrafi» i fuger, pusser og mot overflaten med slemminger, hvittinger og annen overflatebehandling)
- Hva mørtlene kan fortelle om tilstand (f.eks. oppløsning/rekrystallisering som følge av fukt eller f.eks. heftegenskaper til skadde slemminger, hvittinger og frostbestandighet, som ofte er knyttet til porestruktur, permeabilitet og kapillaritet i mørtlene)
- Type mørtler benyttet for bygging og tidligere restaureringer (ofte et spørsmål om grad av hydraulisitet)
- Valg av kalk, tilslag og blandemåte som er compatible med tidligere mørtler (styrke, porøsitet, herdeegenskaper oa.)
- Kvalitetssikring av bindemiddel til restaureringsformål (både industrielt produserte og tradisjonsbrente kalker)

Leveranse:

Forslag til «Arbeidsprosess» som strukturerer opp spørsmål / problemstillinger som søkes svar på, samt prosess for hvordan vurdere behovet for prøver og analyser, og hvorfor disse trengs å gjennomføres, det vil si hvilke resultater som forventes.



Figur 5 - Mikroskopbilde av tynnslip, middelaldersk kalkmørtel. Foto: NIKU

3.2 Nye metoder for tynnslipsanalyser, samt andre materialanalyser

Dette delprosjektet fokuserer på behovet for å utvikle ny forskning vedrørende analyser av gamle mørtler. Dette forskningsfeltet er i stadig utvidelse og for å bygge opp et program for analyser av slike materialer er det viktig å være oppdatert om de siste analytiske metodikkene og tilnærmingene.

I dag er optisk tynnslipmikroskopering den viktigste metoden for karakterisering av mørtelprøver. Dette utføres i hovedsak av et fåtall konsulenter. Analysene omfatter kvalitativ identifisering av mineraler, bindemidler, porer og mikrosprekker, samt semikvantitativ vurdering (estimerer) av fordeling av slike elementer. Optisk mikroskopering er i stor grad en standardanalyse av mørtelprøver.

To viktige forskningsspørsmål er:

- 1) Finnes det grunnlag for, og ønske om, å videreutvikle optisk mikroskopering med ny teknologi (eks. AI-støttede scanningsmetoder) og karakterisering av hittil ubelyste mineralfaser (eks. opake mineraler/slagg)
- 2) Hvilke andre analytiske metoder er relevante for generell mørtelanalyse eller til spesifikke forskningsoppgaver?

Det er viktig å se på nye analytiske metoder, eller nye anvendelser av eksisterende metoder for analyse av tynnsliper og mørtelprøver, for å optimalisere den analytiske tilnærmingen i studiet av gamle mørtlers egenskaper.

I tabellen på neste side er det listet opp de mest brukte metodene i dag for analyser av gamle mørtler, samt noen potensielt nye metoder. Eksempel på metoder er:

- Skanning Elektron Mikroskop koblet med energidispersiv røntgenspektroskopi, (SEM-EDS³)
- Røntgenfluorescensspektrometri (XRF⁴)
- Røntgendiffraksjon (XRD⁵)
- Raman spektroskopi⁶
- Fourier transform infrarød spektroskopi (FT-IR⁷)
- GC-MS
- LA-ICP-MS

Merk at med «destruktiv» menes alle metoder som kutter/deler en opprinnelig uttatt prøve av mørtel.

³ Cantisani, E., Fratini, F., & Pecchioni, E. (2021). Optical and electronic microscope for minero-petrographic and microchemical studies of lime binders of ancient mortars. *Minerals*, 12(1), 41.

⁴ Donais, M. K., Alrais, M., Konomi, K., George, D., Ramundt, W. H., & Smith, E. (2020). Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry characterization of wall mortars with principal component analysis: Phasing and ex situ versus in situ sampling. *Journal of Cultural Heritage*, 43, 90-97.

⁵ Arizzi, A., & Cultrone, G. (2021). Mortars and plasters—how to characterise hydraulic mortars. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 13(9), 144.

⁶ Schmid, T., & Dariz, P. (2016). Chemical imaging of historical mortars by Raman microscopy. *Construction and Building Materials*, 114, 506-516.

⁷ Calandra, S., Cantisani, E., Salvadori, B., Barone, S., Liccioli, L., Fedi, M., & Garzonio, C. A. (2022, April). Evaluation of ATR-FTIR spectroscopy for distinguish anthropogenic and geogenic calcite. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2204, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.

Analytisk Metode	Type analyse	Type resultater	Fordeler	Ulemper	Hva gjelder
SEM-EDS	Ikke destruktiv eller destruktiv	Kvalitativ og semikvantitativ analyse av kjemiske elementer	Porøsitet, kjemisk oppbygning, overflatetopologi, mikrostrukturer EDS tillater kartlegging av elementer	Denne teknikken gir en indirekte informasjon om mineralogi Ytterligere teknikker må brukes for å utfylle informasjonen	Bindemiddel Tilslag Porøsitet
SEM-CL	Ikke destruktiv eller destruktiv	Sonering basert på optiske egenskaper	Kan fange opp ellers «usynlige» faser i bindemiddel		Bindemiddel
XRF (håndholdt)	Ikke destruktiv	Kvalitativ og semikvantitativ analyse av kjemiske elementer	rask og enkel metode	Denne teknikken gir ikke mineralogiske analyser. Ytterligere teknikker må brukes for å utfylle informasjonen	Bindemiddel Tilslag
XRF (benchtop)	Destruktiv	Kvalitativ og semikvantitativ analyse av kjemiske elementer			Bindemiddel Tilslag
XRD	Destruktiv	Kvalitativ og semikvantitativ mineralogisk analyse av polykrystallinske forbindelser. For eks. Portlandite indikerer at mørtelen ikke er fullstendig «carbonated»	Deteksjon av spesifikke mineralogiske faser informerer om nedbryting prosesser	Det er vanskelig å skille aggregat- og bindemedium for analyser Resultatene gir informasjon om den totale sammensetningen	Bindemiddel Tilslag
Raman spektroskopi	Ikke destruktiv	Analyse av mineraler	Påvisning av mineraler og nedbrytings-produkter	Fluorescensutslipp	
FT-IR	Destruktiv / ikke destruktiv	Identifisere både organiske eller uorganiske forbindelser	Liten mengde prøve er tilstrekkelig for analyser	Tolkningen av dataene kan være vanskelig når det gjelder et komplekst materiale	Tilsetnings-stoffer Bindemiddel Tilslag
Hyper-spektrale målinger	Ikke destruktiv eller destruktiv	Kan identifisere mineraler			Tilslag Bindemidler?
GC-MS	Destruktiv	Identifisering av organiske forbindelser	Høy sensitivitet og spesifisitet	Destruktive metode	Tilsetnings-stoffer
LA-ICP-MS	Ikke destruktiv	Kjemisk sammensetning av de kjemiske sporelementene og isotopsammensetning	Analysene kan utføres på faste fragmenter eller tynne seksjoner (70-100 mikron) Relativ proveniens metode		Bindemiddel Tilslag Tilsetnings-stoffer

Det finnes også, i senere tid, utviklede metoder for datering av kalkmørtel.⁸ Det ville være av interesse å studere disse nærmere.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

Gjennomføring	Foreslått leveranser
Studier av nye analytiske metoder og ny bruk av eksisterende metoder	Rapport som redegjør for de nye vitenskapelige metodikkene og de nye analytiske tilnærminger som er utviklet og tatt i bruk for studiet av gamle mørtler, forventede resultater, fordeler, ulemper samt ca. kostnad/analyse.
Utveksling av kunnskap	Utveksling av kunnskap blant internasjonale forskere som arbeider innen dette forskningsfeltet, nettverksmøter/faglige webinarer?
Deltakelse i internasjonale og nasjonale konferanser, workshops og seminarer	Deltakelse på internasjonale konferanser, workshops og seminarer er avgjørende for å bygge opp ny kunnskap og få innspill om nye analytiske metoder for studiet av disse materialene.
Etablering av norsk forskergruppe	Opprette en nasjonal gruppe geologer, kjemikere og «conservation scientists» spesialisert på karakterisering av gamle mørtler
Bruk av norske laboratorier/norsk analytisk protokoll	Identifisere norske analytiske laboratorier med banebrytende instrumenter for undersøkelser av gamle mørtler. Lage en skreddersydd analytisk tilnærming for studiet av gamle mørtler (Analytisk protokoll?)

3.3 Felles standard for rapportering og arkivering av prøver

Det vil være nødvendig og nyttig å bygge opp et sentralt, offentlig tilgjengelig arkiv for analyseresultater, og parallelt tenke formidling og tilgjengeliggjøring. Her bør man samle rapporter, og kontekst og selve materialprøvene bør være sporbare eller inkluderte. Et godt, videre system for rapportarkivering er viktig, slik at framtidige prøver ikke går tapt.

Dette delprosjektet omfatter utvikling av klare rutiner for innsending, organisering og formidling av analyserapporter. Det bør være en automatikk i at disse rapportene lagres og tilgjengeliggjøres, også i kommende år, hvor mye vil skje på mørtelfronten. Slik sikrer man at mørtelarbeider kontinuerlig er en tilgjengelig kunnskapskilde for andre (se også kap. 2.4).

Det er et stort behov for å dokumentere gamle mørtler på en lignende måte i hvert enkelt tilfelle slik at disse blir etterprøvbare og identifiserbare i ettertid. Dette gjelder flere faser i studiet av gamle mørtler, som kontekst, prøvetaking, vitenskapelig metode og måten å redigere og presentere resultatet på. Ensartetheten i rapportene kan bidra til en mest mulig effektiv måte å lese og få tilgang til informasjonen på. I tillegg er det viktig å fokusere på oppbygging av et prøvearkiv hvor man kan samle rapporter, prøver og tynnsliper av alle analyserte gamle mørtler. Dette er av stor betydning siden, som fremhevet i kapittel 2, eldre kalkmørtelprøver i Norge i dag er spredt hos ulike faggrupper, ulike institusjoner og ulike personer. Dette forhindrer dessverre en omfattende oversikt over de analyserte prøvene og tilgjengelige data og rapporter som finnes om norske gamle mørtler.

Sporbarhet av prøver og analyser er i dag både et krav og en betingelse for å drive forskning. FAIR-prinsippet⁹ er i ferd med å bli gjennomført i alle nivå: For å få finansiering til forskning og for å publisere den. Hittil har ikke kalkmørtelprøver vært underlagt noe tilfredsstillende regime som kan sammenlignes med andre vitenskaper eller tilfredsstillende FAIR. Mange mørtelprøver har blitt sendt til private konsultentselskap, som har laget tynnslip og utført meget grundige og gode analyser. Men tynnslipene er konsulentenes eiendom og likeledes rådataene. Det kunden (ofte

⁸ Daugbjerg, T.S. et al., (2021) A field guide to mortar sampling for radiocarbon dating. *Archaeometry* 63, 5 (2021) 1121-1140

⁹ Findable, Accessible, Interoperable, Reusable

kulturminneforvaltningen) sitter igjen med en rapport i pdf-format. Denne praksisen er ikke på langt nær tilfredsstillende i en moderne kontekst. Praksis i behandling av mørtelprøver er i Norge i dag svak til fraværende og risiki er følgende: 1) den dagen et konsultentselskap avsluttes/går konkurs eller på annen måte slutter å fungere, kan store mengder prøvemateriale gå tapt, 2) mange tynnslip som hittil er fremstilt kan ikke benyttes til avanserte analyser til f.eks. proveniens, 3) prøvemateriale er ikke tilgjengelig for fremtidig forskning. Innen andre disipliner i arkeologi og geologi vil slik behandling av prøvemateriale og analyser bli betraktet som uholdbar. Dagens praksis kan derfor ikke fortsette. Dette blir ekstra akutt når vi går inn i en periode der det forventes stort tempo innen fysiske endringer i kirkebygningene og liten tid for at forskning skal kunne holde tritt. Det kan sammenlignes med arkeologiske utgravinger langs nye vegtraseer: Det er ikke tid til å forske på det innsamlete materialet, men prøver og analyser sikres i et nasjonalt system som kan benyttes i fremtiden til forskning.

Forskningsproblemstillingen er knyttet til behovet for et standardsystem for å rapportere resultatene av undersøkelser av de gamle mørtlene. Behovet for å bruke standardiserte retningslinjer for rapportering av mørtelprøver er av stor betydning for å sikre at analysen er etterprøvbart og reproducerbar. Her bør man basere seg på eksisterende europeiske og norske standarder. I tillegg er det viktig å ta i bruk et felles teknisk språk som er forståelig for spesialister som arbeider innen forskjellige felt, som arkeologer, konservatorer, arkitekter, kunsthistorikere, kjemikere, ingeniører og geologer.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

Problemstillingen kan deles i tre:

1. Fysisk lagring av prøver:

Etablere en praksis for dokumentasjon og stedsangivelse av historiske mørtelprøver i bygninger; alle prøver må kunne spores tilbake til det stedet de er tatt, inklusive dokumentasjon av konteksten. Både mørtelprøver, tynnslip og andre rester og derivater (eks. tynnslip) bør lagres fysisk på en måte som gjør dem lett tilgjengelige for forskere i dag og i fremtiden. Her bør det gjøres en evaluering om noen eksisterende systemer (arkeologisk eller geologisk prøvelagring) kan benyttes eller om det må etableres et nytt system.

Leveranse: Anbefaling av lagring som tilfredsstillende et nasjonalt, fysisk «repository» for historiske mørtelprøver.

2. Lagring og tilgjengeliggjøring av data og sporbarhet, et nasjonalt digitalt «repository»:

Etablere en praksis for behandling og lagring av historiske mørtelprøver, samt rådata fra analyser av slike. Dette må lett kunne finnes og brukes i forskning. I tillegg evt opplysninger om relasjonen analyseresultater/sammensetning og egenskaper. Her må det vurderes om det kan benyttes eksisterende løsninger enten knyttet til fag/profesjon eller til f.eks. en database for kirker, der hver middelalderkirke har sitt eget datasett.

Leveranse: Kortsiktig anbefaling for å sikre data fra dag en, og langsiktig anbefaling for beste praksis for lagring på lengre sikt.

3. Sikre at tiltakene over kan gjennomføres:

Utforme og etablere en ny praksis for kontrakter til konsulenter som sikrer punkt 1 og 2, det vil si tilfredsstillende lagring av prøver og data, og tilgjengelighet for fremtidig forskning.

Leveranse: Forslag til ny kontraktsmal.

4. Utvikle nasjonale standardskjemaer for rapportering av mørtelprøver:

For dette målet er det viktig å studere ulike typer mørtelrapporter på nasjonalt og internasjonalt nivå, og identifisere de mest relevante delene i slike rapporter. Noen land, som Italia for eksempel, følger standard retningslinjer (UNI-NorMal) til å både analysere og rapportere resultatene om de gamle mørtlene. Slike retningslinjer bør derfor utforskes og, om aktuelt, inspirere i utviklingen av et norsk standardskjema.

Leveranse: Forslag til nasjonalt standardskjema for rapportering av mørtelprøver.

3.4 Utvikling av metoder for proveniensanalyse

Proveniensanalyse av mørtler har ofte to særlige målsetninger:

For **praksis**: Å finne ut hvor råstoffet til kalk på en bygning kommer fra, for igjen å kunne brenne det samme råstoffet til nye restaureringskalker som er compatible med de eldre. Tilsvarende gjelder for tilslag.

Det **kulturhistoriske** aspektet: Å finne ut hvor råstoffet til kalk kommer fra for å kunne tolke organisasjon av «kalkhandel» i eldre tider, fra råstoff, via brenning til bruk. Her gjelder ulike nivåer – fra det helt lokale til det regionale, nasjonale og internasjonale (import). I slike studier er tilslaget av mindre betydning, siden dette svært ofte ble funnet lokalt.

Siden en ofte finner «kjerner» av ubrent eller dårlig brent råstoff i eldre mørtler, er det disse som er viktigst for proveniensbestemmelse. Store kjerner kan en vurdere visuelt, med lupe og i mikroskop og selv svært små kjerner kan i mikroskopet grovt bestemmes (marmor, marmortype, kalkstein, fossilrester, særlige strukturer/teksturer, rester av urenheter som brent leirstein/skifer, hornfels etc.). Med geologisk kompetanse kan en vurdere fra hvilken region kalken kan komme. Resente skjell som råstoff til brenning kan sjelden bestemmes visuelt og selv i mikroskop er det vanskelig (spesielt om det er benyttet skjellsand i tilslag). Om kjerner av marmoren eller kalksteinen har karakteristiske egenskaper (f.eks. dolomittisk marmor i en region der slike er sjeldne), kan en med en viss grad av sikkerhet bestemme råstoffet ned til enkeltforekomst.

Men nøyaktig bestemmelse til kalkforekomst eller grupper av kalkforekomster kan sjelden gjøres uten mer avanserte studier, som mikrofossilbestemmelse, sporelementer og isotopanalyser (stabile isotoper). For sistnevnte er det imidlertid et problem at kjemien kan ha endret seg ved oppheting, ofte til rett under kalsineringsstemperaturen (ca. 850 grader). Dermed kan en ikke nødvendigvis direkte sammenligne med de karakteristika en finner ved analyse av de aktuelle/relevante kalkforekomstene selv (som det må bygges opp en database over). Det kan være nødvendig med spesialstudier (opphetingsstudier) for å finne ut hvordan isotop- og sporelementkjemien i kalken endrer seg som funksjon av temperatur.

Når det gjelder tilslag er proveniensbestemmelse enklere, men ofte tidkrevende. Her må en gjøre nøyaktig mikroskopering av tilslaget slik det fremkommer i mørtelen og deretter sammenligne med analyser av relevante lokale og regionale sand- og grusforekomster. Kompetanse om lokal og regional løsmassegeologi er her essensielt.

Internasjonalt er det i den senere tid utført mange studier innen proveniensbestemmelse av kalk til mørtel. Derfor er det viktig å først, ved litteraturstudier, skaffe seg en detaljert oversikt over de mest lovende metodene og evt. justere måter å arbeide på sett i forhold til beskrivelsene over.

- For **praksis** er det de siste årene etablert små-skala kalkovner i Trøndelag, på Vestlandet i Hamardistriktet og på Sørlandet. En har brent de råstoffer som nå er tilgjengelige i regionen, uten så mye tanke på hvilke råstoffer som faktisk ble brent i middelalderen og etterreformatorisk tid. Det er ikke sikkert at eldre brudd vil være tilgjengelige, men proveniensanalyser for å finne ut hvilke det er snakk om vil være av stor verdi for om ikke å

kunne brenne akkurat den samme kalken, så typer som er helt lignende. Helt tilsvarende gjelder for tilslag.

- For **kulturhistorisk forståelse** vil det være naturlig å starte med å skaffe seg regionale proveniensoversikter/geologiske regioner, dvs. regionalt velge ut bygninger og eldre brudd for undersøkelse, prøvetaking og analyse. Den regionale kalkbruken vil sannsynligvis i stor grad overlappe med de kjente kalkbrennerdistriktene, som f.eks. Inderøya, Sunnhordland, Grenland, Bærum og Hamar. Men innen disse regionene er det mange ulike typer kalker som kan ha hatt spesielle bruksformål og en skal ikke se bort i fra at det allerede i svært tidlige perioder har forekommet overregional handel og endog import.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

Etter hvert som slike undersøkelser skrider fremover, vil det sannsynligvis danne seg mønstre som slik kan settes i en større kulturhistorisk kontekst og bidra til forståelsen av kalkbrenningens- og kalkhandelens utvikling – helt opp til overnasjonalt nivå.

Undersøkelser/forskning for **praksis** og **kulturhistorisk forståelse** vil naturlig måtte gå hånd-i-hånd. En snakker her om grunnleggende forskning det må inviteres til å få utført og som praksis på sikt vil kunne dra stor nytte av. For tilslag er det enklere – her kan det f.eks. gjøres lokale og regionale undersøkelser knyttet til spesifikke istandsettingsprosjekter.

4 Utvikling av god praksis

Kunnskapen som allerede finnes og er drøftet i kapittel 2, må sammen med nye erfaringer som utvikles gjennom Kirkebevaringsprogrammet tilfalle det praktiske arbeidet på kirkene. Kunnskapen må være fundert og testet i praksis før den tas i bruk. Dette innebærer større satsning på utviklingsprosjekter og kursopplegg, der murere inngår i tverrfaglige team sammen med annen bygningsteknisk og bygningshistorisk kompetanse. Erfaringene fra slike prosjekt- og kursopplegg kan videreutvikles og danne mønster for hvordan en skal jobbe med middelalderkirkene generelt.

Kunnskap om kalkens mangfold må tilfalle opplæringsinstitusjonene og bli en naturlig del av murerens fagutdanning. Anskaffelsesprosessene må være innrettet for å sikre at utførende murer har kunnskap og erfaring tilpasset oppgaven.

God praksis innebærer også forutgående forprosjekt med tilstandsanalyse, inkl. mørtelanalyser, og arkivundersøkelser for analyser av murverkets endringshistorie og kulturhistoriske verdi, samt fullstendig forståelse for kulturhistorisk og teknisk kontekst. Forståelse av vedlikeholdets betydning må også oppjusteres. For praktiske vurderinger av materialvalg, utførelse og vedlikeholdsintervaller er det viktig at det finnes et felles kunnskapsgrunnlag blant byggherrer, murere, ingeniører, arkitekter og forvaltere.

Istandsettingsprosjektene må dokumenteres etter en felles standard for å sikre at kunnskapen som utvikles gjøres tilgjengelig for andre prosjekter og for videre arbeid på bygningen.

Kulturhistorisk kunnskap er en forutsetning for et godt restaureringsprosjekt. Det er ivaretagelse av de kulturhistoriske verdiene sammen med en holdbar istandsetting som er målet. Om man ikke forstår verdiene er det ikke mulig å gjøre riktige valg. Det er også et sentralt delmål for istandsettingsprosjektene å erverve ny kunnskap og tilgjengeliggjøre denne til nytte for senere prosjekter og et videre forskningsfelt.

4.1 Utvikling av antikvarisk policy og veiledningsmaterieil

Formålet med utvikling av kunnskap om historisk bruk av kalkmørtler er å bidra til istandsettingsprosjekter med ivaretagelse av murverket som kildemateriale og minst mulig ressurskrevende vedlikehold over tid. Det er i utgangspunktet ingen motsetning mellom disse to målsetningene, men i fredede bygninger må ivaretagelsen av kildeverdiene legges til grunn for alle tiltak. Murverket i middelalderkirkene er for eksempel fredet med samme lovverk som sikrer at kun noen få institusjoner med spesialutdannede medarbeidere har anledning til å grave ut arkeologiske kulturminner som middelalderkirkegårder. Det er vanskelig å se hvorfor det ikke skal stilles krav på samme nivå til behandlingen av selve middelalderkirken.

En forutsetning for gode resultater er kunnskapsutvikling og formidling av kunnskapen til alle aktører. For å hindre alvorlige feil på kort sikt og de nødvendige incitamentene for å utvikle og innhente kunnskap vil det imidlertid også være nødvendig at det stilles tydelige krav i dispensasjonsbehandling for istandsetting av fredet, historisk kalkmurverk. Over tid vil det også bidra til å sikre kvaliteten på arbeidet på historiske bygg uten samme juridiske vern.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

Det bør utarbeides en prosedyre for istandsetting av historisk kalkmurverk, som for fredede bygninger får status som bindende grunnlag for dispensasjonsbehandling. Denne policyen, og de kravene til kompetanse og prosedyrer som følger av den, kan nedfelles i en serie informasjonsark fra Riksantikvaren. Aktuelle deltemaer er:

- En tydelig formulering av de antikvariske verdiene som ligger i historisk kalkmurverk og nødvendigheten av å ivareta disse verdiene best mulig gjennom istandsetting med et minimum av inngrep og god dokumentasjon.
- Definisjon og dokumentasjon av rett kompetanse for alle roller.
- Krav til forprosjektet med definerte kvalifikasjonskrav og minimumsinhold: Arkivstudier, fotodokumentasjon, oppmåling, tilstandsanalyse, mørtelanalyse og åpning av prøvefelt ved mistanke om skader på murverket.
- Prosjektering på rett nivå med krav til materialbruk, utførelse og teknikker basert på konkrete undersøkelser.
- Innretning av anskaffelsesprosessen for å sikre rett kvalitet og rett kompetanse.
- Byggeledelse som sikrer utførelse ihht plan og nødvendige justeringer ved avdekking av reelle forhold.
- Dokumentasjon gjennom dagbok og ivaretagelse av bygningsarkeologiske funn.
- Det er videre en forutsetning for god oppfølging at ansvarlig kulturminnemyndighet har tilstrekkelig kompetanse og kapasitet til oppfølging av enkeltprosjektene og sanksjonering dersom krav i vedtak ikke blir ivare tatt.

Leveranse:

- Forslag til policy for istandsetting av tradisjonsmurverk som dekker krav til forundersøkelser, kompetanse, materialbruk, valg av teknikker, bygningsforskning og dokumentasjon.
- Utarbeide en serie med informasjonsark til Riksantikvaren som tar for seg historisk kalkmuring, skadeanalyse og de ulike trinnene i en istandsettingsprosess, inklusive oppmålings-, dokumentasjons- og analysekrav, samt formidler policyen og setter standarden for saksbehandling av dispensasjoner for istandsetting av historisk kalkmurverk ihht. kulturminneloven.

4.2 Istandsetting som kunnskapsprosjekt

Middelalderens materialbruk og murteknikker er fortsatt et felt hvor det pågår viktig kunnskapsutvikling. Istandsettingsprosjektene hvor murene åpnes er den viktigste arenaen for å gjøre nye funn og høste erfaringer med ulike materialer og teknikker. Dette er presentert i bl a kap. 3 om materialanalyser. Hånd i hånd med dette spesialistarbeidet kommer de observasjonene som kan gjøres av murere og bygningsarkeologer fra stillaset.

Istandsetting av murverk er en destruktiv prosess når gammel kalk i fuger og puss fjernes for å etablere solid grunnlag for nye materialer. Det tilsvarer situasjonen når arkeologiske kulturlag må graves ut. Murverket i middelalderbygningene har den samme juridiske statusen som det arkeologiske materialet og kunnskapen som ligger her må observeres, analyseres og dokumenteres på samme nivå som annet automatisk fredet materiale. Det innebærer at det må stilles helt andre krav til ivaretagelse av kunnskapsaspektet ved istandsetting av middelaldermurverk enn det som i praksis gjøres i dag. Observasjoner og analyse av murverket er vanligvis den eneste kilde til kunnskap om for eksempel materialbruk og om hvor stein og kalk kom fra, ombygninger og endrede planer, byggetakt og stillashøyder, gjenbruk av stein fra andre bygg, datering gjennom C-14 analyser osv.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

For at kunnskapen som åpenbares på stillaset ikke skal gå tapt kreves det et tett, tverrfaglig samarbeid mellom erfarne og observante murere, bygningsarkeologer, arkitekter, konservatorer og andre med kulturminnefaglig kompetanse. Feltet må integreres i byggeprosjektene gjennom kompetente murere og rådgivere med støtte av folk med praktisk bygningsarkeologisk erfaring. Ved at de blir integrert i selve istandsettingsprosjektet øker effektiviteten både når det gjelder ressursbruk og fremdrift.

Innsatsen med å observere, analysere og dokumentere må ivaretas i enkeltprosjektene og nedfelles i dagbøker og prosjektrapporter, eventuelt supplert med egne bygningsarkeologiske rapporter. I tillegg må det være midler til å finansiere sammenstilling av resultater samlet over tid til nytte for nye prosjekter og utviklingen av kulturhistorisk kunnskap om middelalderens arkitektur, håndverk og historie. Aktuelle temaer som er knyttet til forståelsen av middelalderens byggeplass: Utvendig puss, verktøybruk, fremdrift, ombruk av materialer etc.

Leveranser

- Informasjonsmateriell om kunnskapspotensialet i murverket rettet mot murerne.
- Formulering av et program for praktisk bygningsforskning / kompetanseoppbygging som kan integreres i Kirkebevaringsprogrammet.

4.3 Kompetente aktører – Utdanning og kursing av murere, rådgivere og eiere

For langsiktige resultater er det avgjørende at historiske kalkmørtler får en plass i murerens grunnutdanning. Selv om det nødvendigvis ikke får stor plass i arbeidshverdagen for mange murere er det likevel en grunnleggende del av faghistorien som kan bidra til bedre forståelse. Det er også nødvendig at de som skal arbeide med fredede og bevaringsverdige bygg har en grunnleggende opplæring i kulturminneverdier og bevaringsstrategier. Det er nødvendig for å utvikle oppgaveforståelsen og god tverrfaglig kommunikasjon. Disse temaene bør få en plass i det videre arbeidet med Riksantikvarens håndverksstrategi.

Arbeidet på historiske monumenter som middelalderkirker i stein, festningsverk etc. vil imidlertid kreve spissere videreutdanning. Slik utdanning må være praktisk rettet og må i stor grad foregå på stillaset under ledelse av en erfaren murer. Istandsettingsprosjektene vil med rett bemanning være en like viktig arena som formelle kurs, men et kursprogram er avgjørende for å etablere det antikvariske verdigrunnlaget og kunnskap om et spekter av materialer og teknikker. Kirkebevaringsstrategien peker på fagskolenes naturlige rolle i å utvikle slike undervisningstilbud.

Det er behov for å stille krav til bygningsfaglige rådgivere om å ha den samme oversikten over de kulturhistoriske verdiene, samt skadeårsaker, materialer og teknikker benyttet i historisk kalkmuring. Bygningseierne trenger også en oversikt for å kunne være gode bestillere.

Som påpekt ovenfor mangler vi et samlet og omforent kunnskapsgrunnlag for istandsetting av historisk natursteinsmur med kalkmørtel. Det gjør det vanskelig å utvikle godt undervisningsmateriell og å stille krav til innholdet i opplæringen. Informasjonsarkene foreslått under pkt 4.1 er også avgjørende for dette arbeidet.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

Det er behov for å videreføre kurs som kombinerer teoretisk bakgrunn med praktisk utførelse, som for eksempel 4-ukersprogrammet utviklet av Fabrica, finansiert med kirkeistandsettingsmidlene og gjennomført på Gran, i Stavanger og på Sakshaug. Disse kursene har vært knyttet til pågående prosjekter. Det har vært avgjørende for utbyttet. En tilknytning til fagskolene kan være ønskelig og vil sikre kontinuitet og formalkompetanse med studiepoeng, men gir mindre fleksibilitet til å følge aktuelle prosjekter og holde kurs rundt i hele landet.

Utvikling av kursopplegg for rådgivere og bestillere er enklere siden det ikke krever praktisk fordypning over tid. Også her er det nødvendig med strategisk samarbeid for å utvikle et godt kurstilbud som er kvalitetssikret og stabilt over tid.

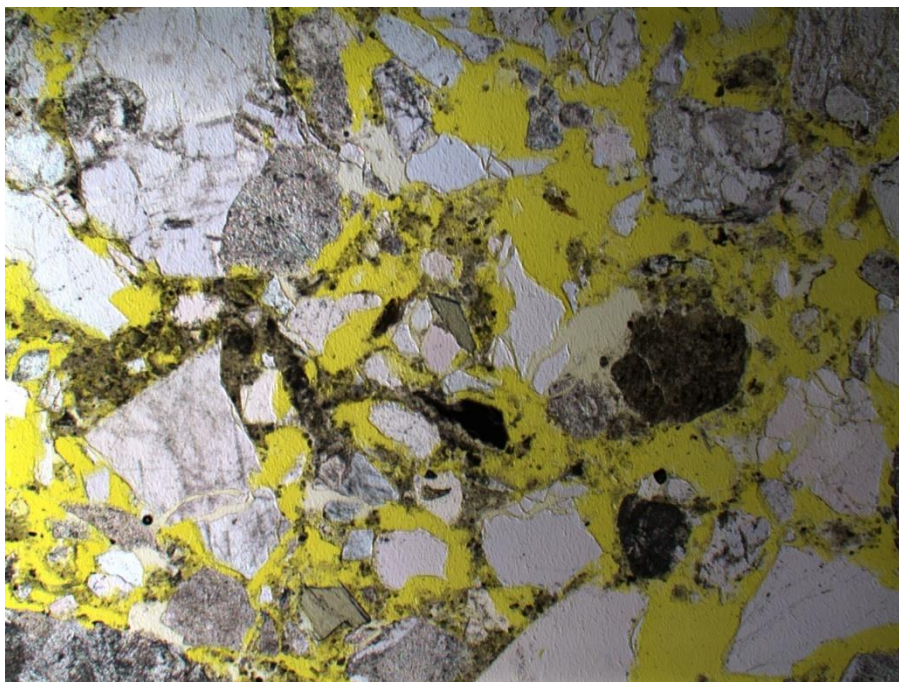
Utviklingen av egnet undervisningsmateriell basert på oppdatert kunnskap og *best practice* ut fra antikvariske kriterier er avgjørende. Målet bør være en forskningsbasert undervisningsmateriell / lærebok som presenterer kalkmuringstradisjonen i Norge og går gjennom skadeanalyse og de ulike stadiene i en murverksrestaurering med drøfting av alternative teknikker og materialvalg. Siden en slik utgivelse er et stort prosjekt og kunnskapsgrunnlaget på feltet er i utvikling, bør arbeidet deles opp i tematiske bolker. En mulighet er å ta utgangspunkt i en serie nye informasjonsark for Riksantikvaren jf pkt 4.1. Målgruppen vil være murere og rådgivere.

Leveranse:

- Produsere undervisningsmateriell/lærebok for murere om utbedring av tradisjonsmurverk med kalk (se også kapittel 2.1).
- Videreutvikle praktiske kurs med kvalitetssikring av Riksantikvaren, for arbeid på middelalderkirker og andre bygg med historisk natursteinsmur.
- Utvikle kurstilbud for istandsetting av historisk natursteinsmur tilpasset rådgivere, eiere og bestillere.

4.4 Riktige materialer – Materialtilgang og kriterier for valg av kalk

Etter at problemene med bruk av sement til utbedring av kalkmurverk fikk en bredere aksept fra 1990-tallet har ulike kalkprodukter vært benyttet i de aller fleste restaureringsarbeider av fredede natursteinsbygninger. Kalkprodukter har også fått innpass i utbedring av senere teglmurverk, men KC-mørtler er også fortsatt i bruk her. De første årene ble det brukt magre mørtler av luftherdende kalk blandet etter 1800-tallets tradisjoner. Resultatene har vært varierende og på utsatte steder fungerte disse mørtlene ofte dårlig. Hydrauliske kalkmørtler har hele tiden vært i markedet, med innpasset til NHL-mørtlene (Natural Hydraulic Lime) på 2000-tallet fikk de raskt en dominerende posisjon. Dette er naturlige brente kalker med varierende styrke. Dette er produkter som er noe enklere å arbeide med enn luftherdende kalker og som på grunn av styrken står seg bedre på kort sikt.



Figur 6 - Tynnsnip av NHL-mørtel. Foto: NIKU

De siste årene har brenning av lokal kalkstein og marmor i tradisjonelle vedfyrte ovner blitt tatt opp igjen. Disse kalkene sammen med resultatene av tynnslipsanalyser av historiske mørtler, har avdekket et stort mangfold med regionale særpreg. De fleste steder ser det ut til å være svakt hydraulisk kalk i det kalkrike middelaldermurverket, men stort sett svakere enn de svakeste NHL-mørtlene i markedet.

Tradisjonell brent kalk tilpasset det historiske murverket er brukt med stort hell i en håndfull prosjekter de siste årene (Nidarosdomen, Mariakirken på Gran, Hesby, Sørbø, Gamle Moster). Slik kalk tilbys nå fra noen få småprodusenter med ovner som kan brenne opp til 10 tonn råmateriale. Tradisjonsbrent kalk leveres også fra Sverige (men ikke som stykkalk). Prosessen er arbeidsintensiv og gir forholdsvis dyre materialer uten at det utgjør en vesentlig del av totalkostnadene for en istandsetting. Kapasiteten er heller ikke stor nok til å ta unna for alle prosjektene i årene fremover. Både blant murere og rådgivere er det også en del skepsis til tradisjonskalk fordi kalken vil kunne variere noe fra brenning til brenning, og på grunn av mangelen på de garantier som gis av de store mørtelprodusentene. Dette er i praksis ikke en kritisk hindring forutsatt tilstrekkelig erfaring hos utførende og rett plassering av risiko. Krav om bruk av slike kalker i restaureringsprosjekter er uansett viktig både for ivaretagelsen av særlig verdifullt murverk og for kunnskapsutviklingen som følger. Den materialkvaliteten som oppnås her gir langt større påvirkning på det ferdige resultatet enn for eksempel milebrent tjære sammenlignet med retortebrenning.

Samtidig med utviklingen av tradisjonsbrenning er det behov for å få utviklet industrikalker som ligger tettere opp til de norske variantene enn de importerte NHL-mørtlene gjør i dag. Her kan det hentes inspirasjon fra en kalk utviklet etter disse kriteriene for bruk internasjonalt, blant annet i Brandenburg, Tyskland¹⁰ og de erfaringene som ble gjort der.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

På bakgrunn av de alvorlige skadene forårsaket av sementmørtler er det nødvendig å velge reparasjonsmørtler som er så svake som mulig, men så sterke som nødvendig. Det er i tråd med det antikvariske prinsippet om å reparere likt med likt. Et godt utgangspunkt vil være læring fra tradisjonskalker som har stått seg over tid og utføre reparasjonsarbeider med tilsvarende materialer. For å oppnå dette må det arbeides på flere fronter. En viktig forutsetning er at Riksantikvaren legger til grunn de samme ambisjoner for materialvalg som man gjør for historiske trebygninger, jf. for eksempel avvisning av trykkimpregnerte materialer og tilrettelegging for bruk av milebrent tjære. Kan antikvariske krav fungere som grunnlag for avvik fra spesifikk dokumentasjon av produktstandarder? Det bør formuleres en policy som legges til grunn ved dispensasjonsbehandlingen av istandsettingsprosjekter ihht kulturminneloven.

Samtidig må det etableres et samarbeid mellom murerbransjen og leverandører av tradisjonskalk. Manglende garantier har neppe stor praktisk betydning siden det er så mange faktorer som ligger bak et godt resultat at garantiansvar knyttet til kalkproduktet uansett er svært vanskelig å plassere. Det som imidlertid må adresseres er at ønsket om så svake materialer som mulig flytter risikoen fra langsiktige skader som vil kunne være svært kostbare for byggherren over tid, til mer overfladiske skader som utvikler seg i garantiperioden. Siden den håndverksmessige utførelsen uansett vil være helt avgjørende er det imidlertid ikke hensiktsmessig å frita mureren for ansvar. Det er behov for et juridisk og avtalemessig rammeverk rundt plasseringen av risiko som oppleves som rimelig og forutsigbart av alle parter.

¹⁰ Brandenburger Putz, [R_BP_23506_TM.pdf \(baunativ-shop.de\)](#)

Det er også nødvendig å samarbeide med både miljøene som brenner tradisjonskalk og kalkindustrien forøvrig om å sikre utvikling av produkter og stabil tilgang over tid. Her er det behov for videre utredning av hvilke rammebetingelser som må til for å sikre tilgang på tradisjonskalk: Både kvalitetsnormer, antikvariske krav og økonomisk støtte. Videre bør det etableres et samarbeidsprosjekt med de større leverandørene om utvikling av bedre tilpassede industriprodukter.

Leveranse:

- Formulere en policy for valg av kalk og utprøving av alternativer som brukes av antikvariske myndigheter i dispensasjonsbehandlingen.
- Utvikle et juridisk og avtalemessig rammeverk rundt plasseringen av risiko i samarbeid mellom antikvariske myndigheter, det antikvariske fagmiljøet og murerbransjen
- Utrede rammebetingelser som sikrer kontinuerlig tradisjonsbrenning av ulike norske kalk- og marmortyper for kunnskapsutvikling og leveranse til middelalderkirker.
- Iverksette et prosjekt hvor kunnskapen om norsk tradisjonskalk legges til grunn for samarbeid med industrien om utvikling av industrimørtler med egenskaper tett opp til de mest utbredte tradisjonsmørtlene.

4.5 Kunnskapsdeling – Erfaringslæring. Rapporter og publisering. Møteplasser

Arbeidet med historiske natursteinsmurverk er preget av faglig utvikling og læring fra prosjekt til prosjekt. Det er derfor avgjørende å dokumentere erfaringene på en systematisk måte som legger til rette for kunnskapsutvikling og læring i alle involverte organisasjoner og fagmiljøer.

Det er avgjørende for et godt resultat at alle faggrupper som bidrar til et istandsettingsprosjekt har rett kompetanse. Det gjelder både murere og rådgivere. For å formulere gode kompetansekrav og vurdere tilbyderne kreves også god bestillerkompetanse hos oppdragsgiverne. Flere forhold gjør at det i dag ikke er en felles plattform og forståelse av hva som er *best practice* og en klar definisjon av rett kompetanse. Det er flere årsaker til dette:

Historiske murverk og kalkmørtel har ingen plass i fagutdanningen for murere og det finnes ikke et veietablert etterutdanningsopplegg som etablerer rett kompetanse. Tilsvarende har dette liten eller ingen plass i utdanningen til de faggruppene som vanligvis er rådgivere i istandsettingsprosjekter.

Som påpekt over mangler det også publiseringer av de erfaringene som faktisk er gjort: Det finnes ingen faglig referansestandard på norsk for dette feltet. Det gjør både at oppdatert kunnskap kan være vanskelig tilgjengelig, men også at en del resultater er kontroversielle og vanskelige å drøfte og kvalitetssikre på en systematisk måte.

Det er også en utfordring at det tradisjonelt har vært brukt relativt svake kalkmørtler, mens praksis de siste 100 år har vært bruk av langt sterkere mørtler. Det er erkjent at det har gitt skader på lang sikt, og sementen er forlatt til fordel for NHL mørtler. Disse er også oftest langt sterkere enn tradisjonell mørtelbruk, men det reduserer faren for skader i garantiperioden noe som er attraktivt for både rådgiver og utførende. Antikvarisk *best practice* med så svake mørtler som mulig er derfor til en viss grad utfordrende fra et kommersielt ståsted.

For å imøtekomme behovet for informasjon og gi mulighet til å belyse kritiske temaer nevnt over er vi avhengig av felles plattformer og møteplasser. Nordisk forum for bygningskalk har årlige møter som er en viktig arena og møteplass, mens det ikke er noen tilsvarende møteplass for det norske fagmiljøet. Det er heller ingen omforente rapportmaler eller plattformer for deling av prosjekterfaringer.

Å etablere kunnskap er viktig hos de som skal utøve faget, men også hos «vanlige folk», publikum og brukere av kirkene. Dette vil kunne bidra til økt forståelse, respekt og engasjement, og muligens også medvirkning. Denne formidlingen må tilpasses slik at den er lesbar og forståelig, også utenfor fagmiljøet.

Hvordan kan delprosjektet gjennomføres og hva forventes av leveranse?

De viktigste partene er antikvariske myndigheter, kirkeeierne, rådgivermiljøene, murerne og utdanningsinstitusjonene. Tatt i betraktning det ubetydelige volumet historisk natursteinsmurverk utgjør i Norge ligger det til rette for forente krefter for å holde ambisjonsnivået oppe i forbindelse med istandsetting av disse byggene. Her må de antikvariske verdiene gis den høyeste prioritet. Feltet bør kunne tjene som utstillingsvindu for murerfaget som trues av tilbydere med lav fagkompetanse. For å etablere felles ambisjoner må disse aktørene møtes jevnlig. Det bør etableres et årlig seminar for eiere av middelalderkirker i stein og alle faggruppene som er involvert i deres istandsetting.

Det er samtidig behov for et smalere forum for murere, rådgivere og antikvariske myndigheter. Her ligger det til rette for drøfting av utfordringer og deling av erfaringer på felles plattformer og en møteplass for årlig utveksling av gode og dårlige erfaringer.

Det bør utarbeides dokumentasjonsstandarder for dagbøker og sluttrapportering av istandsettingsprosjekter som sikrer at erfaringer fra prosjektene blir ivarettatt og legger grunnlaget for å vurdere resultatene av ulike valg over tid. Rapportmateriale fra gjennomførte istandsettingsprosjekter må tilgjengeliggjøres i en åpen database, for eksempel Riksantikvarens vitenarkiv eller Kirkebyggdatabasen slik kirkebevaringsprogrammet legger opp til. For at materialet skal være lett tilgjengelig for de som trenger det mest må det lages egne innganger til materialet om murverksistandsetting. Dette er nevnt tidligere i rapporten, kap. 2 og 3.

Man bør også sørge for kunnskapsdeling ut til innbyggere og brukere av kirkene. Her bør det legges opp til at informasjonen skal være lett å finne og relativt enkel å sette seg inn i. Her vil for eksempel kommunenes nettsider kunne være viktige, sammen med sosiale medier. Seminarer, foredrag og omvisninger kan også være gode måter å formidle på.

Leveranser:

- Etablere årlige samlinger for murere, rådgivere og antikvariske myndigheter som har ansvar for istandsetting av middelalderkirker i stein. Samlingen må inneholde befaringer, erfaringsutvekslinger, diskusjoner og innlegg som formidler ny kunnskap.
- Etablere et årlig seminar for kirkeverger og andre eiere av bevaringsverdige kirker hvor de får kunnskap fra de ulike fagmiljøene.
- Utarbeide en dokumentasjonsstandard for håndverkere/rådgivere som ivaretar ensartet og lett tilgjengelig struktur på dagbøker og sluttrapporter.
- Relevante prosjektrapporter må legges ut offentlig med et brukergrensesnitt tilpasset murere og rådgivere som arbeider med dette feltet, se også kap 2.
- Et opplegg/forslag til formidling ut til innbyggere og brukere av kirkene, i samarbeid med kommunene. Her kan mulige kanaler være kommunens nettsider, sosiale medier og seminarer, foredrag og omvisninger på stedet.

Norsk institutt for kulturminneforskning er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø med kunnskap om norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet driver forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører på felter som by- og landskapsplanlegging, arkeologi, konservering og bygningsvern.

Våre ansatte er konservatorer, arkeologer, arkitekter, ingeniører, geografer, etnologer, samfunnsvitere, kunsthistorikere, forskere og rådgivere med spesiell kompetanse på kulturarv og kulturminner.

www.niku.no

NIKU Rapport 339

NIKU hovedkontor
Storgata 2
Postboks 736, Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tønsberg
Farmannsveien 30
3111 TØNSBERG
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Bergen
Dreggsallmenningen 3
Postboks 4112, Sandviken
5835 BERGEN
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Trondheim
Kjøpmannsgata 1b
7013 TRONDHEIM
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tromsø
Framsenteret
Hjalmar Johansens gt. 14
9296 TROMSØ
Telefon: 77 75 04 00