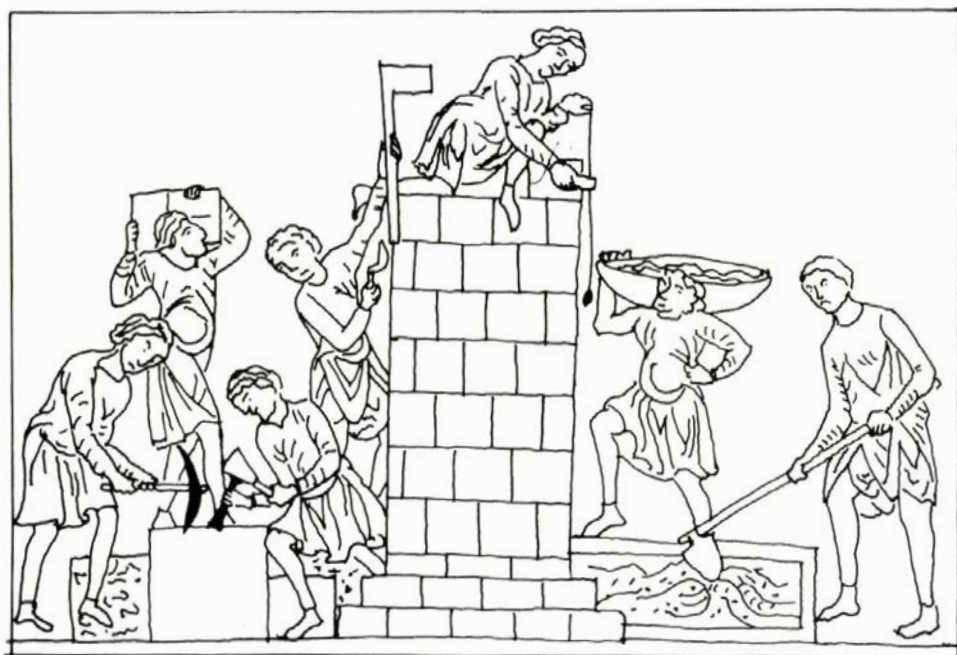


SKADEVEILEDER

Identifisering av bygningsskader på middelalderkirker i stein





Byggeplass ca. 1180. Tegningen viser steinhuggere med spisshakke og meisel, en byggmester med vinkelhake, en murer med loddesnor og tre hjelpere. En hjelper bærer en steinblokk til byggverket, en blander mørtel, og en henter mørtel i et kar.
Etter L.F. Saltzmann / Lidén 1974, side 10.

Oppdrag: Utarbeiding av veileder for skader på middelalderkirker av stein 10249395-02

Oppdragsansvarlig: Sjur Mehlum
Oppdragsleder: Tanja Røskar
Medforfatter: Ole Christian Torkildsen, KA

Revisjon: 06 Dato: 18.09.2024

Veilederen er utarbeidet av Multiconsult Norge AS i samarbeid med Hovedorganisasjonen KA.

Alle bilder i veilederen er tatt av Multiconsult eller KA, hvis ikke annet er nevnt.

Forsidebilde: Nøtterøy kirke, ca. 1100.
Rensing av tårnvegg for kalk ifm prøvefelt.
Foto: Ole Christian Torkildsen

Baksidebilde: Sem kirke, ca. 1100.
Reparasjon av spir og tårnhjelm.
Foto: Ole Christian Torkildsen

Trykk: Aksell
Opplag: 250

Multiconsult

KA Hovedorganisasjonen KA

Innhold

Innledning	5	Skadeveileder	16
Beskrivelse av kirkene	5	Automatisk fredet	16
Steinkirkene	5	Grunn og fundament (21)	18
Klimaskallet	5	Bæresystem (22)	19
Murverket fra middelalderen	6	Yttervegger (23)	20
Kalkmørtel, fuger og puss	6	Yttertak (26)	21
Slemming og kalkmaling	8	Vinduer (29.1)	22
Saltforvitring av murverk	9	Dører (29.5)	23
Tak, tårn og takrytter	9	Andre bygningsdeler og skader (29)	24
Fundament	10	Muranker (29.7)	24
Forvaltning	10	Skorstein/pipe (29.7)	24
Kirkerundskriv Q-06/2020	10	Etterisolering (22.4)	25
Kulturmiljømyndighet	10	Takrenner og nedløp (26.5)	25
		Undertak (26.9)	26
Skader og nedbrytning	11	Innvendig side yttervegg (24)	26
Frostforvitring av murverk	11	Feil materialer og metoder (23.5)	27
Råteskader	11		
Biologisk vekst	12	Ordliste for faguttrykk	28
Insekter	12	Prinsippskisse på kistemur	36
Setningsskader	12		
		Oppsummering	37
Kilder til kunnskap	14	Murerverktøy	38
		Nyttig litteratur og kilder	39



Klikk på symbolet for å komme tilbake til innholdsfortegnelsen.



Loft, Trondenes kirke, ca. 1400.
Foto: Halvor Vreim/RA, 1936.

Innledning

Beskrivelse av kirkene

Steinkirkene

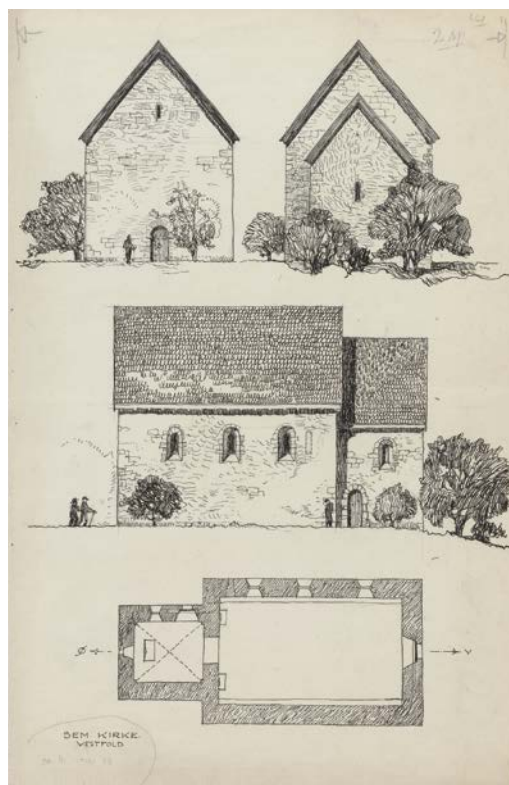
For at en kirke skal regnes som en middelalderkirke i stein, så må kirken stå på sin opprinnelige plass og vesentlige deler av det originale murverket må være bevart. Mange steinkirker ble revet på 1800-tallet, og nye og større kirker ble bygget på samme sted. Ofte ble steinmaterialet fra middelalder-kirken brukt som fundamenter eller gjenbrukt i veggene i den nye kirken, uten at vi kan si at den stående kirken er en middelalder-kirke. Svært få steinkirker fra middelalderen står uendret slik de ble bygget i sin tid. Mange kirker ble bygget om allerede i middelalderen, og det er flere årsaker til endringene. Ved domkirkene i byene ble det fra 1200-tallet opprettet domkapitler med kanniker, noe som førte til et behov for større kor. Gjennom middelalderen ble det også stiftet flere altere, noe som kunne føre til ønsker om mer plass.

Den viktigste årsaken til endringer av steinkirkene er de mange brannene. Av de 159 steinkirkene fra middelalderen er det kun et sted mellom 30 og 40 kirker som aldri har brent. Blant disse finner vi kirker med deler av bevart middelalder takverk.

Klimaskallet

Klimaskallet på en kirke defineres som de delene av en bygning som skiller «ute fra inne», som tak og tårn, yttervegger, gulv og fundamenter. Altså det som omslutter

kirkebygget og beskytter den bærende konstruksjonen mot ytre påvirkning. Tilstanden på klimaskallet er avgjørende for muligheten til å opprettholde kirkenes bygningsmessige og kulturhistoriske verdier på lang sikt, og for bevaringen av interiør og inventar. Klimaskallet på middelalderkirkene i stein er unikt og har en lang historie. Hva angår skader, det være seg primær- eller sekundærskader, så kan de



*Sem kirke, ca. 1100.
(Bernert og Bernert/
Riksantikvaren)*

største utfordringene på kirkers klimaskall ofte historisk relateres til branner, nedbør, stormer og ekstremvær, samt dårlig eller manglende vedlikehold. Dette gir utslag i forvitring av mørtelfuger, stein, puss, kalkmalerier og skulpturelt formet stein.

Murverk fra middelalderen

De fleste av middelalderkirkene er oppført med tykke murer av lokale steinsorter, med kalkpuss og - fuger av kortreist kalkmørtel. Konstruksjonene omtales gjerne som en kistemur med veggtykkelse på opp mot 1,5 meter. Kistemuren kan være oppført i forskjellige type forbant, men med murte vanger i massiv naturstein og et mellomrom fylt med en blanding av uregelmessig stein, grus og bindemiddel som mørtel eller leire. Tilnærmet alle norske middelalderkirker i stein fikk på 1600- og 1700-tallet en utvendig kalkpuss. Fra slutten av 1800-tallet og frem mot midten av 1900-tallet ble pussen på enkelte steinkirker av ulike årsaker fjernet. Fortsatt står 28 av de 159 steinkirkene helt uten puss. I tillegg kommer enkelte kirker som har puss på én eller flere vegger. Noen få kirker ble bygget av fint tilhugde kvaderstein. Fra 1200-tallet endrer murverket karakter og store

steiner blir ofte satt inn i murverket på høykant. Mellom de store «blokksteinene» i fasademurverket ble det fylt opp med småstein, såkalt pinningsstein. Denne typen murverk ser som hovedregel ut til å ha vært pusset og kalket, hvor kalkfugene da ofte var «meddratte». Bevart utvendig puss fra middelalderen viser at denne var påført i tynne strøk som en tynn slemming. Innvendig var pusslagene oftere tykke og jevne, særlig der veggene skulle dekoreres med kalkmalerier.

Kalkmørtel, fuger og puss

Kalk er et bygningsmateriale med svært lange historiske tradisjoner i kirkebyggingen. Kalk har vært benyttet som bindemiddel i mørtel (K-mørtel) fra tidlig middelalder og langt inn på 1900-tallet. Kalk framstilles ved å brenne kalkstein med en så høy temperatur at karbondioksid og vann drives ut av steinen. Brent kalk blir deretter tilsatt vann (lesking) og vi får bindemiddelet kalk.

Kalkmørtel er mindre trykkfast enn sementholdig mørtel, men langt mer diffusjonsåpen og elastisk. Kalkmørtel bruker lang tid på å herde, og under herdeprosessen må den ikke utsettes for frost. Utendørs murarbeider med kalk må derfor utføres i sommerhalvåret. Hvorpå arbeider på middelalderkirker i stein krever dyktige håndverkere, med både riktig kompetanse og interesse for gamle håndverkstradisjoner.

Som salgsvare produseres det kalk av to hovedtyper, luftherdende hydratkalk og naturlig hydraulisk kalk (også kaldt NHL-kalk).

Den luftherdende hydratkalken er en fellesbetegnelse på våt- og tørrlesket kalk. I bruk er denne kalken avhengig av luft og fuktighet for å herde. Våtlesket kalk, som også kalles kulekalk, fremstilles ved lesking av brent kalk, gjennom en prosess med overskudd av vann, og selges som en «deig» med kalk. Tørrlesket kalk derimot er

*Nybygget kalkovn på
Moster for brenning
av tradisjonskalk*

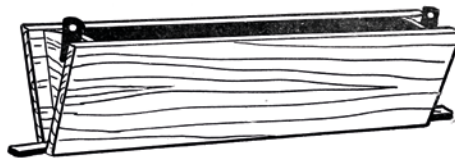




I 1935 var murer og steinhogger vanlige yrker, noe også verktøykatalogen illustrerer. Nå har mye av denne kunnskapen forsvunnet ut av fagkompetansen, og er å definere som spesialkompetanse innen tradisjonshåndverk.

brent kalk, som kun tilsettes så mye vann under lesking at sluttproduktet blir et fint pulver. Brent kalk kan også kjøpes så man kan leske selv.

Herdeprosessen i en luftherdende kalk for puss og mørtel, foregår fra overflaten og innover ved at vannet i mørtelen fordamper, mens luftens karbondioksid blir tatt opp i pussen/mørtelen. Dess tykkere mørtelfugen/pussen er, jo lengre tid trenger den for å herde. En 10–15 mm tykk puss, trenger f.eks. minst to måneders herding før den kan utsettes for frost. Utvendige arbeider med kalk bør derfor ikke gjøres senere enn i månedsskiftet juli/august, og større arbeider bør derfor planlegges slik at de kan påbegynnes allerede i mai måned.



Bære- og heisekasser for kalk

Gammelt mureverktøy for transport av kalk. Ingwald Nilsen, katalog nr. 36 (1935)

Naturlig hydraulisk kalk (NHL) er kalk som er brent av silika- eller leirholdig kalkstein. Dette er en hydraulisk kalkmørtel som i første rekke herder (hydratiserer) med fuktighet. NHL-kalk vil også inneholde en del fri kalk (kalsiumhydroksid) som herder (karbonatiserer) ved hjelp av luftens karbondioksid. NHL-kalk herder raskere enn ren luftherdende kalk. NHL-kalken kan derfor brukes lenger utover ettersommeren og høsten. NHL-kalk karakteriseres og klassifiseres i henhold til trykkstyrken til en herdet mørtel.

Ved valg av reparasjonsmørtel, er det viktig at det velges en mørtel som er tilpasset underlaget og eventuelt eldre puss som står igjen på veggen. Sammensetning og egenskaper med hensyn til fukt, elastisitet og styrke bør etterlignes så langt det lar seg gjøre. Det er bedre å velge en for svak mørtel enn en som er for sterk. I forprosjekter tas det gjerne mørtel og pussprøver som sendes til analyse, hvorpå det også kan etableres prøvefelt, for å skaffe erfaringer med ulike kalkpusser før man ferdigstiller utvendig kalking av en kirke. Prøvefeltene som etableres skal stå minst en hel vinter før de evalueres.



Amk. kalkrørehakke

Nr. M. O. 29

Gammelt mureverktøy for blanding av kalk. Ingwald Nilsen, katalog nr. 36 (1935)

Pussing med murebrett og bruk av «hvitningskost». Illustrasjon hentet fra boken «Mureri» (1953)



Fersk kalkpuss skal ikke utsettes for sterk sol, nedbør eller temperaturer under + 5 grader. Nykalkede og pussede vegger bør derfor tildekkes ved sterk sol eller nedbør.

Etter ca. år 1900 begynte man som for eksempel i Ålesund by å blande sammen kalk og sement som bindemiddel i både mur- og pussmørtler. Dette også ble også etter hvert også normalen i for bindelse med restaureringsarbeider på middelalderkirker. Dette er nå en av årsakene til de store utfordringene som vi erfarer med vedlikehold av middelalderkirkene i stein i vår tid. De sementbaserte puss og mørteltypene har



Art. nr. 6746.
Hvitningskost.

Nr.	1	2	3
Størrelse	13 x 4 cm	15 x 4 cm	18 x 4 cm
Utførelse	Valkendert i blikkinfatning Iren, kinesisk løst og sløst tagl		



Art. nr. 6755.
Murkost.
Uten surring.

Nr.	1	2	3	4	5	6
Størrelse, mm	50	55	57,5	62,5	65	70

Art. nr. 6759.
Murkost.
Med surring.

Nr.	1	2	3	4	5	6
Størrelse, mm	50	55	57,5	62,5	65	70

Firkantkost, eller
hvitningskost for kalk-
maling (øverst) og
murkost for fukting og
rengjøring av fuger
og murverk (nederst).
Ingwald Nilsen,
katalog nr. 57. (1962)

vist seg å ikke bare være for sterke, men de er også lite dynamiske, og er altfor tette. I tillegg har sterke kalk-sementmørtler et større svinn ved tørking. Dette kan medføre at blant annet puss løsner fra et svakere underlag, hvorpå det igjen kan medføre at vann og fuktighet kan finne veien inn i murverket via sprekker og riss som da kan oppstå. Lite av denne fuktigheten fordamper ut igjen, men derimot magasineres inne i murverket. Se side 32. Noe som igjen kan medføre følgeskader relatert til frostforvitring av både fuger, puss og i verste fall deler av selve murverket.

Slemming og kalkmaling

Det nest ytterste siktet på murverket på en middelalderkirke, er som oftest et lag med slemming (men ikke alltid). Enten direkte på en pusset overflate, eller rett på sten og fuger. Det å slemme med kalk vil si å påføre med en firkantet kalkekost (hvitningskost) et tyntflytende lag med kalk og sand. Dette avretter litt ujevnheter og gir også bedre heft for det siste siktet som er kalkmalingen, som også kalles «kalkmelk». Denne overflatebehandlingen har den funksjonen at den fremste oppgaven er å beskytte den underliggende slemmingen og pussen som et slags offersjikt som skal slites av og regelmessig fornyes. Dette er et tynt og pustende slitasjesjikt for vær og vind, som beskytter murverket mot kapillærsug og lekkasjer i henhold til fukt og vann. Et slikt offersjikt er også langt billigere å vedlikeholde enn selve det bakenforliggende murverket. En optimal overflatebehandling av mur skal være diffusjonsåpent nok til å slippe fuktighet ut av veggen, samtidig som det er tett nok til å hindre at regnvann i skadelige mengder trenger inn.

Et godt resultat av en reparasjon eller et vedlikehold forutsetter:

- at skadeårsakene er fastslått
- bruk av riktige materialer
- korrekt utførelse



Saltforvitring av murverk

Skaden saltforvitring oppstår gjerne innendørs men også i regnbeskyttede områder utendørs, og gir gjerne med saltutslag på veggoverflatene. De viktigste kildene til saltforbindelser er gjerne murverket i seg selv, men langs kysten er havsalt brakt med vind en viktig kilde. Saltforvitringen ødelegger særlig pussede overflater, men kan også sprengne i stykker både teglstein og naturstein. Saltutslag dannes når fuktighet trenger gjennom overflaten på en murkonstruksjon og transporterer tilbake saltmineraler ut til overflaten. Når vannet så fordampes igjen, blir krystallisert salt liggende igjen på overflaten av murverket. Innimellom kun som hvite sporer eller roser på en veggflate, men det kan også ligne på pulveraktig bomull på veggen.

Dette er enten vannløselige salter eller ikke-vannløselige karbonatforbindelser. De vannløselige saltene kan være sulfater, klorider eller nitrater. Tungt oppløselige salter dannes som karbonater (kalsium- eller natriumkarbonater). Vannløselige saltforbindelser transporteres normalt med fuktighet i porøse fasadematerialer. Ved nedfukning (regn og tåke) transporteres saltene inn i materialet, og ved uttørking trekkes de ut mot overflaten. Når vannet fordampes på eller rett under materialets overflate, så går saltet over fra oppløst form til krystallinsk form. Dette resulterer i en rask volumøkning. Hvis krystallene dannes i overflaten, vil de som nevnt sees som et hvitt belegget. Dannes de under overflaten, som f.eks. under et tett malingsgjikt, så vil det kunne oppstå et trykk på materialets porevegger. Trykket kan forårsake utsprengning av det tette malings- eller pusslag.

Salter er hydroroskopiske, dvs at de binder fuktighet i fra luften slik at veggens fukttinnhold øker i regnperioder, mens uttørkingen går seint i tørkeperioder. Når fukttilgangen er tilstrekkelig, så vil

utblomstringen på vegglivet fortsette så lenge det finnes vannløselige salter igjen i murverket.

Saltutslag er en typisk utfordring ved tidligere bruk av sterke sementrike puss og spekkingsmørtler. Dette fordi egenskapene til de sementrike mørtlene ofte medfører lekkasjer, med påfølgende nedfuktig av murverk, som igjen magasinerer fuktighet. Saltutslag er rett og slett en indikationsfaktor på fukt inne i veggen.

Tak, tårn og takrytter

Steinkirkene hadde opprinnelig taktekkning og takkonstruksjoner av tre. Nå har kun 1% av middelalderkirkene i stein, taktekkning av tre, og 41 % naturskifer. Men det var allikevel store regionale konstruktive forskjeller i utformingen av takverket. Kirker på Østlandet var normalt bygget med en himling både i koret og i skipet. Enkelte av kirkene har også murte tønnehvelvinger eller krysshvelvinger som Ringsaker kirke, med overliggende taksperrebind i tre som utvendig bærende takkonstruksjon. I Trøndelag og på Vestlandet derimot, var kirkene som oftest bygget med en åpen takstol der taksperrene var synlige fra kirkerommet. En åpen takstol gir en helt annen romopplevelse med et stort og høyreist kirkerom. Denne typen takverk ligner mer på stavkirkene, som alle hadde åpen takstol i middelalderen. Kirketakene var som hovedregel konstruert med slette flater for at snøen ikke skulle bli liggende. Steinkirkene ble ofte bygget med store og solide tårn med plass til én eller flere kirkeklokker, men kun to av middelalderkirkene har takrytter uten spir som konstruktivt på en stavkirke, Ogna- og Kviteseid gamle kyrkje. Domkirkene og noen få middelalderkirker ble opprinnelig bygget med sentraltårn. Av de 159 bevarte steinkirkene har 71 kirker i dag tårn, hvorav omkring 53 kirker har «sentralt plassert» takryttre av tre med spir som konstruktiv bærende del av takkonstruksjonen. Omkring 50 av steintårnene kan dateres til middelalderen.

Alle tretårnene og enkelte steintårn er bygget til eller rekonstruert i moderne tid.

Fundament

Kirkebyggingen starter alltid med utstikking av selve grunnplanen. Planutformingen på middelalderkirkene er i all hovedsak langkirker, men også korskirker, tre-skipede basilikaer, samt noen få med rektangelplan.

Grøftene for fundamentene ble deretter gravd ned til fast grunn. Fundamentene er ofte bygget noe bredere enn de ovenpåliggende kistemurene.

Ideelt sett skulle fundamentgrøften graves ned til fast fjell. Men der dette ikke var teknisk mulig, ble det gravd ned til faste morenemasser, eller tettpakket leire. Gjennom middelalderen varierte utførelsen på fundamenteringen mye, men et fellestrekk er at fundamentene normalt ble bygget lagvis, og at steinene ble stabilisert med sand eller leire. Det var vanlig å bruke runde åkerstein i fundamentene, men fundamentet kunne også bygges opp med steiner som vekselvis var kantsatt på skrå. Svak

fundamentering kan medføre setnings-skader, utglidning av hjørner, murer ute av lodd og generell oppsprekking av murverket

Forvaltning

Kirkerundskriv Q-06/2020

Middelalderkirkene er fredet etter kulturminneloven. Forvaltningen av kirkenes omgivelser er regulert i rundskriv: Q-06/2020 «Forvaltning av kirke, gravplass og kirkens omgivelser som kulturminne og kulturmiljø». Bakgrunnen for rundskrivet er at kirkeloven erstattet trossamfunnsloven. Kirkerundskrivet gir i hovedsak en videreføring av regler og praksis, men med oppdaterte hjemmelshenvisninger og enkelte viktige presiseringer og justeringer.

Kulturmiljømyndighet

Riksantikvaren er myndighet for forvaltningen av fredete kirker, jf. ansvarsforskriften § 2 (7).

Fundamentets «sokkelskift» er gjerne 20 til 30 cm bredere enn kistemuren, og blir som en utvendig «hylle» på toppen av fundamentet. Fundamentets funksjon over bakkenivå er å skulle fungere som en drenerings og lufteventil for fukt som finner sin vei inn i kistemurene. Fundamentet mister denne funksjonen når det som på bildet både har blitt fuget og pusset.



Skader og nedbrytning

Frostforvitring av murverk

Hvis vann trenger inn i sprekker og / eller porer i et bygningsmateriale og deretter fryser til is vil ekspansjonen ved dannelse av islinser og iskrystaller gjøre at materialene sprenges i stykker. Kulturminner konstruert med murverk av stein og mørtel utsettes spesielt lett for denne type fukt-skader og nedbrytning.

Effekten kan blant annet være oppsprekking av fuger og stein, samt avflassing av puss. Hvorvidt det er fugene eller steinen som fryser i stykker vil avgjøres av de enkelte mørtel- og steintypenes egenskaper, som for eksempel porestruktur, fuktsugings- og uttørkingsevner. Kulturminner med murverk utsatt for fuktinntrengning vil være truet av denne type skader. Flater med dårlig avrenning, oppsprukne fuger og skadet puss er eksempler på deler av murverks-konstruksjoner hvor slike skader lett kan oppstå.

Årsak til økt risiko for frostsprengning, er at vann kommer inn i konstruksjonen og fryser til is. Skader og situasjoner som kan føre vann inn i konstruksjonene kan være for eksempel:

- Lekkasjer / skader i tak
- Oppstigende fukt fra bakken grunnet dårlig drenering

- Lekkasjer i nedløpsrør /takrenner eller underdimensjonerte nedløpsrør / takrenner/ helningsgrad på avrenningsoverflate
- Lekkasjer i beslag av for eksempel metall, steinheller og tre
- Skader i murverk
- Skader i puss

Råteskader

Trevirke er næringsgrunnlaget for råtesopp. I naturen finnes det mange hundre arter trenedbrytende sopp og bakterier som forårsaker råteskader, og mange av disse kan også opptre i bygninger. Soppsporer finnes praktisk talt over alt, både i luft og i trevirke. Trevirke som utsettes for temperatur og fuktighet som er gunstig for soppen, vil derfor før eller siden bli råteskadet.

I en bygning kan det forekomme råteskader på alle steder som utsettes for fukt. De vanligste årsakene til kritiske fuktverdier er lekkasjer, høy relativ fuktighet og kondensering. I praksis betyr det at råteskader er vanligst å finne i kjellere, våtrom, tak og yttervegger. Angrepets omfang avhenger både av sopparten, fukt- og temperaturforholdene og ikke minst hvor lang tid soppen har fått utvikle seg.

Soppsporer kan begynne å spire hvis fuktinnholdet i trevirket er større enn 28% (dvs at vekten av vannet utgjør 28 % av vekten av helt tørt virke). Videre vekst kan foregå ved fuktinnhold ned til 20%. Til sammenlikning inneholder ny trelast ut fra høvleri 15-16 % fukt. Sopp vil aldri kunne vokse i tørre konstruksjoner.

En klarer ikke permanent å sanere soppangrep uten å endre/fjerne faktorene som er årsak til selve soppangrepet.

Biologisk vekst

Bygningsdeler som utsettes for fukt kan lett få overflatevekst av alger, lav eller mose. Plantene vokser sakte og kan finnes på alle typer av underlag som stein, puss og trevirke. De medfører liten eller ingen teknisk skade i seg selv. Alger opptrer som et tynt, grønt til svart belegg på fuktutsatte og skyggefulle steder, som nordvegger og grunnmurer. Lav danner fastsittende skorper eller blad-/rosettformede utvekster. Lav tåler tørke meget godt, og kan overleve på solrike og tørre steder. Vanlige voksesteder er vindskier, vannbord og takstein.



Algevekst, og rester av røde kalkmalerier, på indre side av yttervegg.

Mose vokser fra små, grønne puter til mer sammenhengende tepper. Ofte på relativt solutsatte steder. Trives gjerne på tak.

Alger og mose påvirker ikke underlaget så mye, de er mer et symptom på manglende vedlikehold og på fuktig underlag, som kan medføre følgeskader. Vanligvis er underlaget uskadd, men lav og mose vokser selvsagt også på råtnende trevirke. Ved at mose holder på fuktighet, øker faren for både frostsprengning på tegl og råteskader på tre. Alger trives best på fuktige flater uten sol. Nordvendte vegger er mest utsatt.

Insekter

I gamle bygninger finner man ofte spor etter insekter. Stripet borebille, husbukk og stokkmaur er de insektene som kan gjøre størst skade i bygninger. De lever alle i friskt, ikke råteskadet virke. Ved insekt-skader er det viktig å skille mellom gamle skader og pågående aktivitet. Her i landet utvikles insektskader relativt langsomt. Vanligvis har man god tid til å undersøke skaden og skadeutviklingen nøye før man eventuelt gjennomfører saneringstiltak. Det beste tiltaket mot insektskader er å sikre bygningen mot fukt, ved å sørge for god ventilasjon og godt ytre vedlikehold.

Setningsskader

Setningsskader kan defineres som strukturelle skader på bygg og annen konstruksjon som følge av setning i grunnen. Setninger er sammensynkning eller ekspansjoner i undergrunnen som følge av enten naturlige prosesser (som for eksempel som følge av nedbryting av organisk materiale, alunskifer som kommer i kontakt med luft kan f.eks. ekspandere) eller menneskelig aktivitet (som mekanisk belastning fra bygninger eller oppfylling av terrenget, endrede dreneringsforhold etter grøftegraving mm).



Loftsvindu, Haslum kirke, byggeår ca. 1190.

Det er viktig å etterse at loftsvinduer er hele, fordi vann og fukt, eller skadedyr og fugler kan gi følgeskader. Her har primærskaden, et tidligere knust glass, blitt skiftet.

Ofte sees setningsskader i grunnmuren, i form av skrå sprekker. Setningsskader kjennetegnes som regel av at sprekken kommer ovenfra og ned. I noen tilfeller vil setningsskader også føre til skrå gulv og skjevheter i bygningen. Setningsskader oppstår når en konstruksjon eller et fundament ikke tåler de deformasjonene som utvikler seg i grunnen som konstruksjonen/fundamentet står på. Dette kan for eksempel skje når deler av en konstruksjon står på berg/fjell, mens resten er fundamentert på løsmasser, som vil deformere seg mye mer under last. Det samme kan oppstå som følge av varierende lagdeling i løsmasser, samt ved sterkt varierende bygningslaster.

Utover det kan skader også oppstå som følge av feil eller svakheter knyttet til byggets fundament, enten dette er på grunn av materiale, konstruksjon eller montering.

Informasjonen i dette kapittelet er delvis hentet fra klimakommune.no, geoteknikk.no, murkatalogen og nettsiden Bygg og Bevar.

Kilder til kunnskap

Spangereid kirke, interiør. (Foto: Nasjonalbiblioteket/ Riksantikvaren, udatert)



Eldre foto og tegninger er en svært god kilde til å finne informasjon om tidligere skader, endringer og restaureringer.

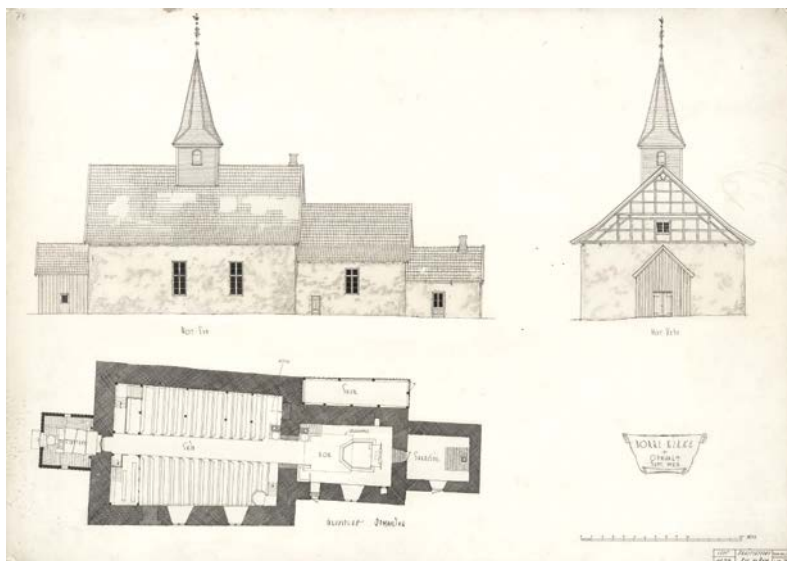
Informasjonen kan bla. brukes til å se om en gammel skade har forverret seg eller er stabil m.m. Arkivsøk kan også gi viktig informasjon om tidligere istandsetting.

Fra restaureringen av Tingvoll kirke i 1928. (Foto: Riksantikvaren)



I Spangereid kirke er det misfarging og saltutfellinger på indre side av yttervegg mot øst i dagens kor (middelalderens kirkeskip). Eldre bilder av kirkens interiør viser at dette ikke er et nytt problem.

T. h.: «Borre kirke – opmaalt sept. 1923» (Riksantikvarens kulturminnebilder)



I Riksantikvarens bildesamling finnes det en god del dokumentasjonstegninger fra tidlig 1900-tall. Det kan ofte være begrenset informasjon og dokumentasjon tilgjengelig om tidligere reparasjoner/ restaureringer av kirkene. Eldre foto tatt under arbeider kan være en god kilde til å finne ut av bla. omfang og på hvilke deler av kirken «nye» tiltak har blitt utført.

Riksantikvarens arkiv inneholder informasjon om alle våre fredede kirker. Ved henvendelse til arkivet, vil man kunne få tilsendt dette arkivmaterialet for en spesi-
fikk kirke.

I slutten av denne veilederen finnes en liste over digitale kilder hvor det er mulig å finne informasjon om, samt foto og tegninger av kirkene.

Ulnes kyrkje fra ca. 1250.
Her de opprinnelige
«bruddhellene» på taket til
kirkeskipet.



Skadeveileder

På de følgende sidene vil man finne bilder med eksempler på forskjellige skader som er vanlig å finne på middelalderkirker i mur. Oversikten er ikke utfyllende.

Bildene er delt opp i følgende grupper:

- Grunn og fundament (21)
- Bæresystem (22)
- Yttervegger (23)
- Yttertak (26)
- Vinduer (29.1)
- Dører (29.5)
- Andre bygningsdeler og skader (29)
 - Muranker (29.7)
 - Skostein/pipe (29.9)
 - Etterisolering (22.4)
 - Takrenner og nedløp (26.5)
 - Undertak (26.9)
 - Innvendig side yttervegg (24)
 - Feil materialer og metode (23.5)

Tallene i parentes refererer til kapittel-nummering i tilstandsvurdering NS 3424 /NS 16096 nivå 2+, for middelalderkirker i stein, som er utarbeidet av KA.

For hver gruppe bilder vil det være informasjon om hvilke typer skader som kan finnes, mulige årsaker for skadene, hvilke følgeskader som kan forventes om problemet ikke utbedres, hvordan man kan forebygge forskjellige skader, samt hvilken kompetanse det er behov for ved restaurering, eller utføre tiltak for å utbedre skader.

Automatisk fredet

Middelalderkirker er automatisk fredet iht. Kulturminneloven. En fredning er den strengeste form for vern. Fredning innebærer at inngrep/endringer på kulturminnet, som går utover vanlig vedlikehold, må forhåndsgodkjennes av myndighetene. Tiltak kan således kreve dispensasjon fra kulturminneloven.

For å jobbe med fredete bygninger og kirker, stiller Riksantikvaren krav til håndverkere. Disse kravene inkluderer at håndverkerne skal ha fagskolepoeng eller studiepoeng innen praktisk bygningsvern, eller de må kunne dokumentere tilsvarende realkompetanse. Generelt skal det stilles krav til at håndverkerne har deltatt i minst tre prosjekter tidligere med tilsvarende arbeidsoppgaver.

For å få en fullstendig oversikt over skadebildet må man ikke kun vurdere/undersøke kun den synlige skaden som ofte blir oppdaget først, men også skadeårsakens utspring. Fukt på en benk eller et gulv kan for eksempel være en såkalt sekundær skade, en følgeskade, hvor vann har kommet inn via en primærskade, en sprekk i veggen eller ødelagt takstein. Det er derfor viktig å prøve å «følge skaden bakover» for å fastslå hvor den startet opprinnelig og undersøke om det er andre skader langs vannets vei fra en ødelagt eller manglende takstein og ned til benken eller gulvet.



Med høst, vinter og vår følger det mange fuktutfordringer for middelalderkirkene, som kan gi skader og følgeskader, noe som ofte også materialiserer seg ved ekstremvær. Spesielt utsatt for følgeskader er utette tårn og tårnluker, tak og vinduer, samt fasader med utette fuger og pussoverflater.

Grunn og fundament (21)



Bilde 1. Hevet bakkenivå



Bilde 2. Setningsskader



Bilde 3. Forvitring av sokkel



Bilde 4. Bakkenivå over fundament

Skader

- Murverk – setningsskader. (Bilde 2)
- Fundament – fukt i kjeller/kryprom/krypt.
- Forvitring av fundament/sokkel. (Bilde 3)

Årsaker

Rundt mange av middelalderkirkene har bakkenivået sakte, men sikkert blitt hevet gjennom århundrene. Dette har ført til at utkraget fundamentet mange steder nå ligger under bakkenivå og ikke fungerer som en sperre for fukt fra bakken inn i kistemuren. Fukt fra kryperom/kjeller/krypt i veggen/kistemuren ville også ha sakte funnet en drenerende vei ut i overgangen mellom mur og fundament, med et hevet bakkenivå vil fukten bli sperret inne i muren. (Bilde 4)

Et hevet bakkenivå kan også dekke til luftkanaler/åpninger, noe som gjør at luftfuktigheten i kjeller/kryprom øker, som igjen kan føre til kondens. Den samme gjelder for tett overflatebehandling på fundament av naturstein. (Bilde 1)

Mulige følgeskader

Fukt i grunn og fundamenter kan trekke opp i kistemuren og skade fasader, samt innvendig side av yttermurene, trebjelkelag og evt. veggfast interiør og kalkmalerier.

Bæresystem (22)



Bilde 5. Ytre fuktpåkjenninger



Bilde 6. Overgang, vegg og takfot



Bilde 7. Råte i takkonstruksjon



Bilde 8. Overgang, vegg og tak

Skader

- Bærende bjelker – fukt/råte/insekter/ytre påvirkning (brann o.l.)
- Takkonstruksjon – fukt/råte/insekter/ytre påvirkning (brann o.l.)

Årsaker

Hovedårsaker for skader på bæresystemer er fukt med påfølgende råte- og soppskader. Spesielt utsatte steder er knutepunkter langs raftene, i overgangen mellom forskjellige bygningsdeler som f.eks. takfot, gavlvegg og hovedtak, eller tårn. (Bilde 6 og 8)

Ytre påvirkninger som f.eks. fukt vil kritisk kunne svekke bærende bjelker av tre som i mange tilfeller må forsterkes. (Bilde 5)

Inntrengning av fukt kan komme fra skader i takflaten, langs et pipeløp, fra snø som kommer inn via åpninger som f.eks. langs raftene. (Bilde 7 – manglende beslag mellom kirkeskip og sakristi som har ført til råteskade på konstruksjonen, og i tillegg regn og snø har kommet inn og forårsaket fukt inne i kistemuren.)

Bæresystemer er ofte restaurert med nyere materialer som er mindre motstandsdyktig mot sopp og insekter. Insekter lever i friskt, ikke råteskadet virke. Det beste tiltaket mot insektskader er å sikre bygningen mot fukt, ved å sørge for god ventilasjon og godt ytre vedlikehold.

Mulige følgeskader

Fuktskader med påfølgende følgeskader som råte-/insektskader på bjelkelag og himling, samt videre nedover i konstruksjonen.

Yttervegger (23)



Bilde 9. Forvitring av kalkmaling



Bilde 10. Saltutslag på innervegg



Bilde 11. Riss over vindu



Bilde 12. Alger på vegg



Bilde 13. Mekanisk slitasje

Skader

- Pussoverflate – riss/sprekker/organisk vekst/ manglende puss/forvitring/saltutslag.
- Mørtel/bindemiddel – manglende mørtel /forvitring.
- Frostsprengning.
- Setninger i muren.
- Mekaniske skader.

Årsaker

Den vanligste årsaker til skader i fasadene er nedbryting av overflatebehandling fra fukt, fra snø og nedbør og sekundære skader av fukt fra tak og/eller bakke. (Bilde 9 - avskalling av pusslag pga. kapillært oppsug av fuktighet fra bakken). Saltutslag, fukt inne i vegg (Bilde 10). Riss i pusslaget mellom vinduskarm og takutspring (Bilde 11)

Alger og mose påvirker ikke underlaget så mye, de er mer et symptom på manglende vedlikehold og på fuktig underlag. (Bilde 12)

Mekanisk skade oppstår som regel fra slag mot veggen, f.eks. hvis noe tungt dyttes inn i et hjørne eller vegg. Denne typen skade kan også oppstå pga. repetitiv skraping mot fasaden fra et hardt/hardere materiale som f.eks. metall. (Bilde 13)

Mulige følgeskader

Videre utvikling av fuktskader og setninger, samt øvrige følgeskader hvis fuktinntrengning får fortsette i fasadene.

Følgeskader på kirkens faste inventar pga. fukt og/eller setninger.

Yttertak (26)



Bilde 14. Manglende skiferstein



Bilde 15. Mose på skiferstein



Bilde 16. Lav på teglstein



Bilde 17. Feil størrelse mønepanne.

Skader

- Takstein – manglende/knekt/forskjøvet stein/
mekanisk skade/biologisk vekst.
- Mønepanner – manglende/knekt/forskjøvet stein/
mekanisk skade/biologisk vekst.

Årsaker

Takstein og mønepanner kan bli forskjøvet av sterk vind og snø. Ofte kan også rustskadet spiker grunnnet fuktig undertak være en årsak (Bilde 14)

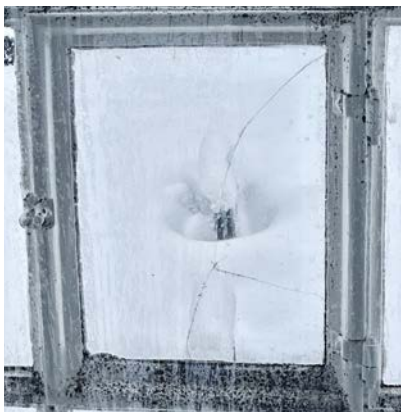
Alger og mose påvirker ikke underlaget så mye, de er mer et symptom på manglende vedlikehold som kan gi fukt i undertak. Vanligvis er underlaget uskadd, men fuktig mose kan danne grunnlag for kapillærsug til undertak, men lav og mose vokser selvsagt også på råtnende trevirke ved manglende takteking. Ved at mose holder på fuktighet, øker også faren for frostsprengning på taktegl, lekter som råtner, og at innfestingsspiker for skifer rustet i stykker. (Bilde 15 og 16)

Bruk av feil størrelse på materialer brukt ved reparasjoner, som her en mindre mønepanne, kan føre til følgeskader hvis det gjør at vann/snø kan komme inn under taktekingen og skade undertaket. (Bilde 17)

Mulige følgeskader

Ett utett tak kan føre til mange forskjellige følgeskader. Det er derfor viktig ved en fuktskade andre steder i kirken å prøve å følge den tilbake til utgangspunktet for å prøve å finne ut om det er en skade i yttertak eller undertak.

Vinduer (29.1)



Bilde 18. Sprekk i glassrute, sopp



Bilde 19. Rust på jernsprosse



Bilde 20. Råte i karm



Bilde 21. Manglende kitt på glass

Skader

- Sprosser – råte/sopp/kompresjon/fukt/malings-slitasje/skader fra innfestninger/ mekaniske skader/ manglende kitt.
- Glass – brekkasje/manglende ruter.
- Rammeverk/karm – råte/sopp/kompresjon/fukt/ malingsslitasje/skader fra innfestninger/mekaniske skader.

Årsaker

Brekkasje av glass kan f.eks. forårsakes av slagskader, korrosjon/rust på jernsprosser som ekspanderer og påfører spenninger i glasset, eller setningsskader. (Bilde 18)

Kondens kan oppstå mellom koblede vinduer, hvis vinduet mot utvendig veggside er lufttett, og gi alge-/ soppvekst. (Bilde 18)

Rustskader oppstår gjerne grunnet kondensering av inneluft med høy luftfuktighet på kalde jernsprosser. (Bilde 19)

Malingsslitasje på trevinduer kan oppstå ved manglende vedlikehold, kapillærsug fra murverk/puss, men også etter værslitasje som vind og/eller uttørking fra solvarme.

Feil maling/overflatebehandling kan føre til fukt og råte-skader. (Bilde 20)

Manglende kittfuger kan gi fukt og kondensutfordringer (Bilde 21)

Mulige følgeskader

Fuktskader i vinduskarm/innside yttervegg med påfølgende avflasseing av overflate og/eller dypere sprekker i pusslaget. Fukt/kondens på innsiden av glass og innramming kan gi grobunn for sopp- og algevekst.

Dører (29.5)



Bilde 22. Sprutende regn på dør



Bilde 23. Hengsel som rustet



Bilde 24. Malingsslitasje på dør



Bilde 25. Skrapeskader på dør

Skader

- Dørstokk – råte/kompresjon/fukt/slitasje.
- Dørblad – råte/sopp/kompresjon/fukt/malings-slitasje/skader fra innfestninger/mekaniske skader.
- Rammeverk/karm – råte/sopp/kompresjon/fukt/malingsslitasje/mekaniske skader.

Årsaker

Den vanligste årsaken til skader på ytterdører er fukt fra regn som spruter opp fra bakken og snø som blir liggende opp på dørbladet, dørstokk og rammeverk/karmer. Dette kan videre føre til råteskader.(Bilde 22)

Metalldele, hengsler og lignende, vil være av metall som vil korrodere/ruste pga. eksponering. (Bilde 23)

Malingsslitasje kan oppstå ved manglende vedlikehold, men også hvis døren er eksponert til vind og/eller uttørking fra været. (Bilde 24)

Mekaniske skader som skader fra slag, oppskraping eller lignende kan oppstå på alle deler av kirkene. Dette er som regel forårsaket av brukere/besøkende. Skaden på innsiden av ytre dør på bilde 25 har oppstått ved at ytre dør ikke har vært åpnet før indre dør ble åpnet.

Mulige følgeskader

Vannskader på gulv på innsiden av dørene grunnet utette dører.

Andre bygningsdeler og skader (29)



Bilde 26. Brekkasje av stag



Bilde 27. Korrosjon på vegg



Bilde 28. Feil mørtel på pipe



Bilde 29. Pipeløp avkortet

Muranker (29.7)

Skader

- Brekkasje. (Bilde 26)
- Korrosjon. (Bilde 27)

Årsaker

Murankrene som er av metall som vil korrodere/ruste pga. fukt, dvs. eksponering til regn og snø.

Mulige følgeskader

Skader i fasadene pga. at korrosjonen gjør at jernet utvider seg og sprenger på tegl/stein og mørtel/fuger.

Misfarging av vegger mm grunnet rennende rustvann

Skorstein/pipe (20.9)

Skader

- Nedbryting av tegl.
- Manglende mørtel/fuger.
- Forskyving av naturstein.

Årsaker

Eksponering til vær og vind.

Bruk av feil materialer, f.eks. sementreparasjon av kalkmørtelfuger. (Bilde 28)

Manglende bruk, samt pipehatt

Mulige følgeskader

Piper over tak er en teknisk svakhet i takflaten og kan føre til fuktskader i takflaten takkonstruksjoner, og videre nedover i kirken. (Bilde 29, her er pipen fjernet over tak pga. da den ikke er i bruk for å ivareta tekniske lekkasje utfordringer)



Bilde 30. Etterisolering av loft



Bilde 31. Følgeskader fra isolering



Bilde 32. Skadet taknedløp



Bilde 33. Renne oversvømmes.

Etterisolering (22.4)

Skader

- Fukt/kondens.

Årsaker

Ved etterisolering på loft kan det i noen tilfeller danne seg kondens mellom isoleringsmaterialet og trevirket. Dette vil være vanskelig å oppdage, spesielt der isoleringen er sprøytet inn som en løs isolasjonsfiber. (Bilde 30)

Mulige følgeskader

Fuktskader med påfølgende råte- /insektskader på takkonstruksjon, bjelkelag og himling. (Bilde 31)

Takrenner og nedløp (22.4)

Skader

- Fukt-, råte - og soppskader

Årsaker

Manglende eller skadet takrenne eller nedløp. (Bilde 32)

Underdimensjonerte sammenføyninger/ takrenner og nedløp. (Bilde 33)

For korte nedløp og/eller utkast som ikke fjerner vannet fra fasadene eller fundament. Motfall på terreng ved taknedløp-utkast, så takvann renner tilbake inn mot yttervegg.

Mulige følgeskader

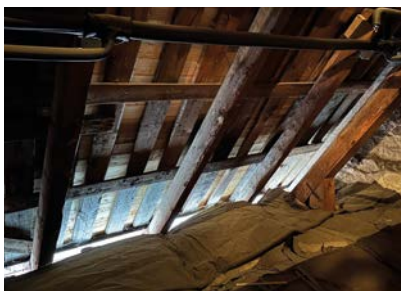
Fukt, råte og soppskader i fasader og trevirke.

Økt fukt i bakken ved nedløp kan føre til skader på fasader og fundament.

Andre bygningsdeler og skader (29)



Bilde 34. Mel fra stripet borrebille



Bilde 35. Åpning langs raftene



Bilde 36. Setningsskade



Bilde 37. Riss i fasade



Bilde 38. Gipsplumbe over sprekk

Undertak (26.9)

Skader

- Fukt, sopp og råte.
- Insektangrep, stripet borebille (Bilde 34)

Årsaker

Fukt i undertak kan komme fra skader i takflater, langs pipeløp, eller fra drivsnø via åpninger som f.eks. langs raftene. (Bilde 35). Undertak er ofte restaurert med nyere materialer, som har mindre motstand mot oppsug fukt, og som derav igjen kan tiltrekke seg insekter.

Mulige følgeskader

Utette tak kan føre til mange forskjellige følgeskader i en kirke. Insekter lever hovedsakelig av friskt og ikke råteskadet virke. God ventilasjon og godt ytre vedlikehold for å motvirke fukt i kirker, er det beste tiltaket mot insektskader.

Innvendig side yttervegg (24)

Skader

- Skader i mørtel/puss - riss/sprekker/bom.

Årsaker

Setninger i kirken kan føre til større sprekker. (Bilde 36). Riss og bom i kalkpussen kan være forårsaket av forskjellige faktorer som setninger i kirken, endringer i inneklimate/uttørking, feil påføring /underlagsmateriale m.m. (Bilde 37) Skader kan overvåkes ved bruk av gipsplumber over sprekker. (Bilde 38).

Mulige følgeskader

Skader og avskallinger i pusslaget på indre vegger kan føre til tap av eller skader på kalkmalerier fra middelalderen.



Bilde 39. Bruk av feil mørtel



Bilde 40. Bruk av feil mørtel



Bilde 41. Tett maling over mørtel



Bilde 42. Skadelige skjøter i kledning

Feil materialer og metoder (23.5)

Skader

- Skader forårsaket etter restaurering ved feil bruk av produkter og materialer vil kunne variere fra prosjekt til prosjekt.
- Feil utførelse, kan derav gi følgeskader relatert til utfordringer opp mot både fukt, råte og frostsprengning.

Årsaker

Feil mørtler er benyttet i reparasjonene. (Bilde 39 og 40)

Feil metoder og/eller tekniske løsning valgt på en skadeutfordring.

Mulige følgeskader

Eksempler:

For tett overflatebehandling kan gi fukt og råteskader på kirkens bygningsdeler og konstruksjoner av tre.

Tett maling over mørtler på en steinkirke, kan stenge inne fukt, ifm kapillærsug i grunnen, Damp fra innsiden eller regn fra utsiden. Dette kan igjen forårsake frostsprengning inne i mørtelfugene eller inne i murverket. (Bilde 41)

Dårlige sammenføyninger, eller skjøter mellom bordkledning på panelte deler av steinkirker, kan også medføre at regn og snø i form av fuktighet trekkes inn i treverket og forårsaker følgeskader med sopp og råte i treverket. (Bilde 42)



Ordliste for faguttrykk

Ordlisten er hentet fra *Håndbok i Konservering av Ruiner fra middelalderen*, Riksantikvaren, Oslo 2003.

Kopierte med samtykke fra Riksantikvaren.

STIKKORD	DEFINISJON OG FORKLARING
Anslag	Smalere omramming i en dør- eller vindusåpning som døren eller vinduet har hvilt mot i lukket tilstand, dvs. «dørkarmen». I alle middelalderbygningene slo dørene innover slik at de kunne boltes og bommes fra innsiden.
Brent kalk	Kalkstein (kalsiumkarbonat, CaCO_3) gir fra seg karbondioksid (CO_2) under brenningen og går over til kalsiumoksid (CaO). Kalksteinen brennes ved ca. 900–1200°C i rundt 24 timer.
Bustkløyven	En huggen bygningsstein ligger på <i>bustkløyven</i> når den i en mur er lagt med sin naturlige liggeretning (kløveflaten, kløyven) på høykant. Dette gjør steinen mer sårbar for nedbrytning.
Deigkalk	Se: Våtlesket kalk.
Diffusjon	Transport av vanndamp gjennom et materiale som skyldes forskjell i vanndamptrykk. Når et materiale er diffusjonsåpent, betyr det at vanndamp kan transporteres raskt gjennom materialet. I praksis betyr dette at materialet kan tørke opp raskere. Kalkmørtel har vesentlig større diffusjonsåpenhet enn sement.
Dokumentasjon	Skriftlig og billedmessig redegjørelse for en situasjon eller arbeidsforløp.
Dørvange	Sidekanten eller sidestykket i en åpning for dør i muren.
Ettervanning	Lett dusjing med vanntåke på nymurt murverk. Ettervanning foretas ved behov; dvs. i tørt vær med rask uttørring, f.eks. på dager med mye vind og sol. Kalkmørtel med hydrauliske egenskaper trenger foruten CO_2 også tilførsel av vann i herdeperioden.



STIKKORD	DEFINISJON OG FORKLARING
Flasken	En huggen bygningsstein ligger på <i>flasken</i> når den i en mur er lagt tilsvarende sin naturlige, vannrette liggeretning (på kløveflaten, kløyven). Dette gjør steinen mer motstandsdyktig for nedbrytning.
Forband	Mønster som fremtrer i overflaten av murverk ettersom steinen er lagt. Steinene veksler mellom å ligge på langs («løper») eller på tvers («kopp» eller «binder»). De som ligger på tvers, vil binde inn i murkjernen eller inn i et annet bygningselement.
Forsterket kalkmørtel	Luftherdende kalkmørtel blandet med en hydraulisk herdende kalkmørtel (= hybrid kalkmørtel, blandingsmørtel).
Forvitring	Oppløsning av materialer og deres bestanddeler (mineraler).
Frostsprenghing	Vann som fryser til is, utvider seg og får en volumøkning på 9%. Vann som ikke finner utløp ut av et murverk, fryser til is inne i muren, skaper et trykk fordi det utvider seg, og kan føre til utsprenghing av murverket.
Fuge	Åpent rom mellom bygningsstein som fylles med mørtel. Ved omspekking skal fugen være ren for løst materiale, minimum dobbelt så dyp som den er bred, og avsluttes vinkelrett inne i fugen før tilføring av ny mørtel (se: Spekking).
Fundament	Den underste delen av en bygning, partiet under bakke- eller gulvnivå som murene hviler på. I middelalderen ble det bl.a. fundamentert med pæler (se: Pælefundamentering), flåter (se: Treflåter) eller stein når det ikke var fast fjell eller stabil morenegrus. Under Nidarosdomen har det vært ulike måter å fundamenterer med stein på. Fundamenteringssteinen er ikke murt (mørtelen ville ikke kunne herde nede i bakken) men lagt regelmessig eller slengt tilfeldig i en fundamentsgrøft. Lagene ble avrettet med grus og småstein, og iblant avsluttet øverst med flate heller.
Gotisk stil	Byggestil som var rådende i høymiddelalderen (ca. 1250–1350). Preges av spisse buer og et murverk av større steinflater, uregelmessige skift og relativt stort mellomrom mellom steinene. Gotiske murer er derfor pinnet mye. Fordi bygningssteinen gjerne er satt på høykant (på bustkløyven), binder de mindre inn i muren, noe som stiller store krav til kvaliteten på mørtelen.
Gradert sand	Sand bestående av sandkorn av sterkt vekslende størrelse. Ved konservering av ruiner foretrekkes normalt sand med siktekurve (gradering) 0–8/10mm, men dette vurderes i forhold til opprinnelig mørtel, fugenes størrelse osv. Sanden skal være skarp (se: Skarp sand).
Herding	Kjemisk omdanning av bindemiddel gjennom opptak av luft (ren kalk) og/eller vann (hydraulisk kalk). Forsterkede mørtler (hybridmørtler) herder gjennom tilførsel av både luft og vann som gjør mørtelen hard og bestandig. Herdeprosessen må ikke gå for raskt. Nymurte partier må derfor beskyttes mot direkte sol og vind. Det må også beskyttes mot regn. Se: Karbonatisering.

STIKKORD	DEFINISJON OG FORKLARING
HMS	Helse, miljø og sikkerhet. HMS-reglene skal sikre et godt og trygt arbeidsmiljø på byggeplassen, og skal overholdes.
Hybrid kalkmørtel	Se: Forsterket kalkmørtel
Hydratisering	Herding ved molekylar forbindelse mellom vann og hydraulisk kalk/ement.
Hydratkalk	Kalles også tørrlesket, og er en lufttherdende kalk. Bare så mye vann tilsettes den brente kalken under leskingen at kalkklumpene brytes ned til pulverform.
Hydraulisk kalk	Kalk (mørtel) som har evne til å herde under påvirkning av vann. Lages av kalkstein som inneholder leirholdige «urenheter» i naturlig form, gjerne bestående av silisium-, aluminium- og jernoksidforbindelser, som vil gi kalksteinen hydrauliske egenskaper etter brenning. Slike kan også tilsettes.
Håndverksmessig «Gefühl»	En nødvendig egenskap hos håndverkeren som må være til stede for at hun/han på selvstendig grunnlag skal kunne utføre en håndverksmessig handling av høy faglig kvalitet. (<i>Gefühl</i> = tysk, følelse. Her forstått: håndverksmessig følelse, basert på erfaring og innsikt.)
In situ dokumentasjon	Fysisk etterlatt dokumentasjon på eller i kulturminnet for å markere overgangen mellom urørte partier og tilført materiale. <i>In situ</i> betyr «på stedet» (lat.).
Jurakalk	Produktnavn. En sterkt hydrauliske kalk (styrke minst NHL 5, trolig enda sterkere).
KC-mørtel	Blanding av kalk og sement i en mørtel. Etterfølgende tall indikerer blandingsforholdet i vekt, f.eks. KC 50/50.
Kalkstein	Kalsiumkarbonat, CaCO_3 . Kalkstein ble dannet i varme tropehav for rundt 330 mill. år siden, og er i Norge brukt som råstoff til mørtel siden tidlig middelalder.
Kalkbrenning	Ved brenning av rå kalkstein (kalsiumkarbonat, CaCO_3) i kalkovn forbrenner karbondioksid og kalksteinen reduseres til kalsiumoksid (CO) eller leskbar kalkstein.
Kalkmuring	Muring med kalkmørtel. Murerarbeidene skal foregå under temperaturer høyere enn $+5^\circ\text{C}$ og avsluttes senest to måneder før første frost kan forventes. Frost hindrer karbonatisering av nytilført kalkmørtel.
Kalkmørtel	Mørtel med kalk som bindemiddel. Kalkmørtel er i middelhavslandene kjent tilbake til et par århundre før Kristus. Kalkmuringsteknikken nådde ikke Norge før på 1000-tallet (tidlig middelalder).



STIKKORD	DEFINISJON OG FORKLARING
Kalkovn	I middelalderen ble kalksteinen brent i murte kalkovner. Brenningen foregikk med ved eller kull ved ideelt ca. 900–1200°C. Det er i Norge kjent én kalkovn fra middelalderen, ved Værnes kirke i Stjørdal, som hadde en diameter på 3–4m. Det finnes også rester etter bondeovner og tidlige industriovner fra senere tid. I dag fremstilles brent kalk industrielt, men det gjøres forsøk med å brenne kalk på gammelt vis.
Kalkutslag	Overskudd av kalk som felles ut av mørtelen. Kommer av vedvarende utvasking. Kan gjerne ses som harde, hvite, glassaktige hinner på murlivet.
Kalkvann	«Murerens superlim». Kan forsterke og gi nytt liv til gammel kalkmørtel. Kan bestå av rundt 1 kg kalk til 8 liter vann. La blandingen stå til bunnfelling i ett døgn, og det er det klare vannet som brukes. Deigen kan brukes igjen til samme formål.
Karbonatisering	Herding av kalkmørtel (kalsiumhydroksid, Ca(OH)_2) ved opptak av karbondioksid (CO_2) fra luften. Under karbonatiseringsprosessen, eller herdingen, avgis karbondioksid igjen, og vi står tilbake med kalk med samme kjemiske sammensetning som den opprinnelige kalksteinen: kalsiumkarbonat, CaCO_3 .
Kistemur	Murverk bestående av en ytre og en indre murvange (se: Vange) fylt med en uregelmessig blanding av stein og mørtel, i blant tørr sand (se: Murkjerne). Byggetradisjonen går tilbake til Det romerske keiserriket (et par hundre år f.Kr.).
Kompaktmur	Mur uten murkjerne. Steinene i murlivet kan være gjennomgående.
Komprimering	Ny påført kalkmørtel skal presses meget godt sammen. I fugene brukes kraftige fugenøkler. Dette er nødvendig for god stabilitet og vellykket herding.
Konservering	Tiltak rettet mot å beskytte og bevare kulturminner og kulturhistoriske gjenstander for å forsinke nedbrytning og beholde det i stabil tilstand. Originalt materiale skal ikke fjernes, reduseres eller ødelegges. Konservering kan innebære inngrep i kulturminnet, men disse skal være så få og minimale som mulig og i prinsippet være reversible.
Kontroll (overvåkning)	Ettersyn og regelmessig kontroll med tilstand, skadeutvikling og utførte konserverings tiltak. Kan gjelde generelt for hele ruinen, spesielle problemområder, konserverte deler, vegetasjon osv. Det lages program med punkter som skal kontrolleres, som nedfelles i skjøtselsplanen.
Kulekalk	Langtidslagret våtlesket kalk. Tradisjonelt ble den lagret frostfritt i en kuleformet grop i bakken (derav navnet), fôret med tre eller stein. Kan lagres slik i mange år. Brukes gjerne til finere kalkarbeider.
Kulturminneloven	Lov av 9. juni 1978 nr. 50 om kulturminner, med senere endringer. Kulturminneloven er en særlov som definerer hva man kan og hva man ikke kan foreta seg i forhold til automatisk fredete og vedtaksfredete kulturminner og kulturmiljøer. Ruiner fra middelalderen er automatisk fredet (§ 4).

STIKKORD	DEFINISJON OG FORKLARING
Kvaderstein	Bygningsstein med minst fem fint tilhogde plane, vinkelrette flater (den siste grove siden ville binde inn i kjernen). Kvadere kunne settes sammen med svært tynne fuger. Bare få bygninger fra middelalderen er helt bygd av kvader, siden de var kostbare. Vanlig bruk var i hjørner og rundt dør- og vindusåpninger.
Lesking/lesket kalk	Brent kalk (kalsiumoksid, CaO) som tilsettes vann (H ₂ O) omdannes til kalsiumhydroksid (Ca(OH) ₂). Omdanningen skjer under sterk varmeutvikling, opp mot 300°C. Tørresking går til pulverform (hydratkalk) og våtlesking til deigform (deigkalk).
Liggefuge	Horisontal fuge i et murverk.
Liming av stein	I enkelte tilfeller må sprukket og avskallet stein limes. Avklares med teknisk konservator eller prosjektleder. Billy tokomponent steinlim anbefales for liming av stein som må stå av seg selv. Limets styrke skal reduseres noe ved å tilsette litt steinmel. Synlig lim i skjøten mattes ned og retusjeres ved å strø på litt finknust steinpulver før herding. Liming ved stein som skjules inne i muren eller hvor delene kan holdes i klem, limes med finkornet mørtel.
Luftfuktighet	Innhold av fukt i luften, angis gjerne i relativ fuktighet (RF). Gunstig luftfuktighet for herding av kalkmørtler er RF 60-80%. Til å måle luftfuktighet, brukes et hygrometer.
Luftverktøy	Håndverktøy til meisling av sement i fuger, drevet av en kompressor. Om sementen sitter godt fast i fugene eller det er et særlig kompakt sementlag på murkronene, kan det være nødvendig å benytte seg av luftverktøy. I fugene skal det i så fall brukes et lite og lett bor. Luftverktøy må brukes forsiktig og nennsomt for ikke å skade eller sette spor etter seg.
Menge	Opprinnelig tysk verb: <i>zu mengen</i> = å blande. Murerhåndverksmessig måte å beskrive prosessen med etterbearbeiding av kalkmørtel til riktig konsistens. Sterkt hydrauliske mørtler skal ikke menges.
Merkeplugg, merkebånd	En messingbolt eller et stykke av et metallbånd som bøyes inn oppe og nede og settes inn i fugen mellom originalt og tilført murverk, med en synlig overflate på ca. 1x1,5 cm med innpreget årstall for konserveringsarbeidet.
Middelalderen	Perioden mellom vikingtidens slutt med kristendommens innføring i Norge (ca. 1000), og reformasjonen (1537). Perioden underdeles ofte i tidlig middelalder eller romansk tid (ca. 1000–1250), høymiddelalderen eller gotisk tid (ca. 1250–1350) og senmiddelalderen (ca. 1350–1537).
Murkjerne	Fyllmasse inne i en kistemur, dvs. mellom ytre og indre vange. Består av stein av ulik størrelse og form lagt i kalkmørtel. Vangene ble murt med binding inn i murkjernen. Noen ganger ble murkjernen fylt med tørr sand, spesielt kvadersteinsmurer.
Murkrone	Toppen av en mur. I middelalderruiner er murkronen en avbrutt kistemur. Toppen av murkjernen og det øverste skift av ytre og indre vange vil være synlige i dagen.



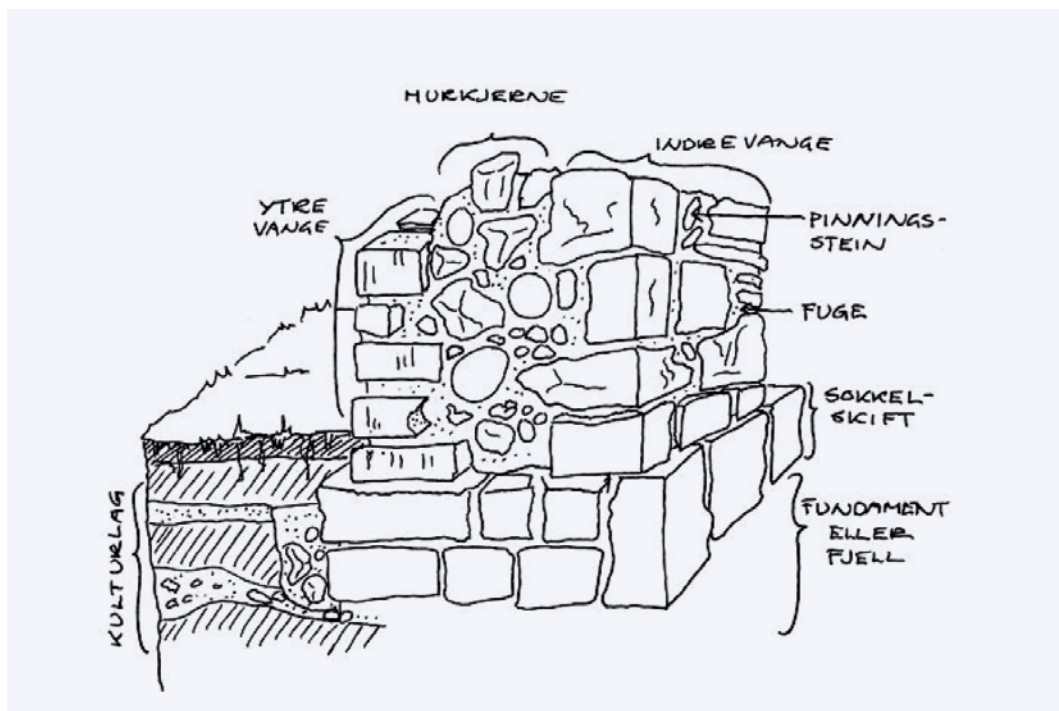
STIKKORD	DEFINISJON OG FORKLARING
Murliv	Den loddrette indre eller ytre begrensingsflaten av en mur (se: Vange).
Murmørtel	Blanding av bindemiddel (kalk, sement osv.), tilslag (sand) og vann brukt til å binde sammen bygningsstein (stein, tegl) i en mur.
Murverk	Konstruksjon oppført av større eller mindre stein eller tegl som legges i murforband og bindes sammen med murmørtel. Murverk kan også oppføres som tørrmur, altså uten bruk av mørtel.
Mørtel	Blanding av bindemiddel (kalk, sement osv.) og tilslag (sand) blandet med vann brukt til å binde sammen bygningsstein (stein, tegl) i en mur.
NHL	Forkortelse for <i>Natural Hydraulic Lime</i> (= naturlig hydraulisk kalk). Brukes i forhold til 3 styrkegrader: NHL 2: Svak hydraulisk NHL 3,5: Middels hydraulisk NHL 5: Sterkt hydraulisk. Det finnes også en NHL-Z som tillater tilsetning av sement. Denne skal aldri benyttes i antikvarisk sammenheng.
Pinning	Innsetting av stein i fuger og mellomrom for å minske mørtelvolumet inne i fuger og mellomrom og dermed sikre bedre herding. Pinningssteinen skal fuktes lett før den settes i mørtel.
Pinningsstein	Egnet pinningstein er kileformet eller på annen måte formtilpasset det volumet den skal fylle sammen med mørtel. Som pinningsstein som skal skjules inne i muren, kan det brukes biter av lett fuktet gammel tegl. Som synlige pinningsstein gjenbrukes opprinnelig pinningsstein eller tilsvarende, tilpasset murlivet.
Pælefundament	Om det ikke kunne bygges på fast fjell, kunne det i middelalderen i blant slås pæler ned i bakken forut for fundamentering med steinheller. Spesielt vanlig i Oslo. I leirholdig eller fuktig byggegrunn kan disse pælene fremdeles være intakte. (Se også: Fundament og Treflåte)
Relativ fuktighet (RF)	RF = relativ fuktighet (engelsk: RH = relative humidity). Forholdet mellom mengde damp luften inneholder og den mengde damp luften maksimalt kan inneholde ved en gitt temperatur. Ved mettet luft er RF=100%. En RF på 80% inne i et murverket bør være maksimum ved muring. Ved RF 80% eller mer skal nymurte partier ikke ettervannes.
Restaurering	Reparasjon, ombygging eller påbygging som kan innebære endring. Formålet er å gjøre et nedbrutt eller ødelagt kulturminne mer forståelig, og å bevare og fremheve dets historiske og estetiske kvaliteter. Dette kan innebære å legge til og trekke fra, men man skal stanse der gjetting begynner.

STIKKORD	DEFINISJON OG FORKLARING
Riss	Oppstår i overgangen stein-fuge ved for rask uttørring av mørtelen (dårlig heft). Kan motvirkes gjennom lett fukting av hosliggende stein før påføring av mørtel, gjennom å beskytte mot for rask uttørring av nymurte partier og ved kontrollert ettervanning.
Romansk stil	Byggestil som var rådende i tidlig middelalder (ca. 1000-1250). Preget av runde, halvsirkelformede buer, og et murverk av ofte tuktet bruddstein lagt på flasken eller med liggende bust i mer eller mindre regelmessige og ofte ganske lave skift med små mellomrom mellom steinene. Det ble derfor mindre behov for pinning.
Romersk mur	Se: Kistemur.
Ruin	Rester av en ødelagt murt bygning, anlegg eller konstruksjon av stein eller tegl som har mistet sin opprinnelige funksjon pga. sterkt fysisk forfall, og som vil være i fortsatt ukontrollert forfall dersom det ikke iverksettes nedbrytningsforsinkende tiltak. Ruinene kan være synlige eller skjult under bakken.
Rølpe	Murerhåndverksmessig uttrykk for en fortennet og gjerne forsterket mørtel som strykes med egnet pensel på den siden av steinen som skal settes ned i muren.
Salt	Vannløselige salter (sulfater, klorider og karbonater) fra sjøluft, veisaltning, sement, urenheter i tilslaget, visse typer bygningsstein og tegl kan føre til skadeutvikling i en ruin. Saltkrystaller som løses opp og krystalliserer igjen, kan oppløse og sprengte ut mineraler i stein.
Sement	Et hyperhydraulisk bindemiddel som inneholder store mengder leire, brent ved høye temperaturer (1450-1500°C). Sementen er hard og ugjennomtrengelig, og er uegnet til ruinkonservering.
Skarp sand	Sand med innhold av kantede korn (i motsetning til runde og avslippte korn).
Skift	Et horisontalt lag av stein eller tegl i en mur, dvs. i én steins regelmessig høyde.
Skjøtsel og vedlikehold	Flere typer regelmessige kort- og langsiktige tiltak knyttet til bevaring, sikring, konservering, istandsetting, kontroll, pleie, tilrettelegging, formidling og skilting. Omfatter også forebyggende og indirekte tiltak knyttet til ruinen og dens omgivelser. Uten regelmessig vedlikehold vil ruinen og området rundt forfalle raskt.
Smyg	Dør- eller vindusåpning i en mur. Det skilles mellom rettsmyg, dvs. lik bredde ytterst og innerst i åpningen, og skråmyg, dvs. smalere ytterst i åpningen enn innerst i åpningen.
Sokkel	Markert overgang mellom fundament og veggmur i en bygning, ofte fremhevet gjennom kraftigere materiale, profilering og/eller gjennom at den er fremskutt i forhold til selve muren.
Spekking	Etterfuging. Mørtelen skal legges inn i flere omganger der fugen er dyp og komprimeres meget godt for hver omgang. Om fugen er bredere enn en mannsringefinger, skal den pinnes (se: Fuge og Pinning).



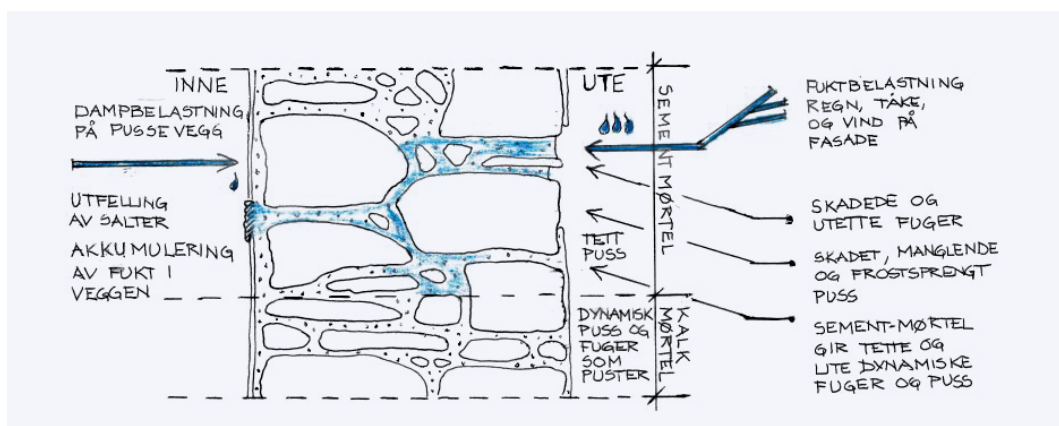
STIKKORD	DEFINISJON OG FORKLARING
Steinlim	Se: liming av stein
Stussfuge	Loddrett fuge, også kalt støtfuge. I en mur må stussfugen aldri gå gjennom mer enn ett skift, og overlappingen må være minst ¼ stein.
Teglstein	Murstein laget av brent leire. Teglstein fra middelalderen («munketegl») har et større format, gjennomsnittlig 8–9 x 13–14 x 27–29cm, enn dagens som har standardmål 6,5 x 11 x 23cm.
Tilslag	Sand brukes som tilsetning til bindemiddel som sammen med vann danner mørtel, blant annet for å motvirke krymping og oppsprekking og gjøre mørtelen sterkere (se også: Gradert sand og Skarp sand).
Tilstandsanalyse	Diagnose og slutninger omkring ruinens tilstand foretatt på bakgrunn av bygningshistorikk, konserveringshistorikk og en systematisk gjennomgang av tilstand, omgivelser/miljø og trusselsfaktorer. Tilstandsanalyse skal foreligge før oppstart av bevaringstiltak.
Treflåte	Fundamenteringsmetode i middelalderen der det ikke kunne bygges på fast fjell (se også: Fundament og Pælefundamentering). Bygging på treflåte foregikk i Norge helt inn på 1900-tallet.
Tuktet stein	Jevning av flatene på en steinblokk med hammer og slegge (altså uten bruk av meisel) slik at utstikkende hjørner og kanter blir fjernet og steinen får en mer rettvinklet form.
Tvangsblander	Blandemaskin for fremstilling av mørtler, hvor ingrediensene eltes sammen.
Tørrelesket kalk	Se: Hydratkalk.
Tørrmur	Stein lagt som mur uten bruk av mørtel.
Utlufting av mur	Murene får stå med åpne, rensede fuger en periode etter at sement er fjernet for å redusere fuktinnholdet i muren, helst så lenge som et års tid. Oppmagasinert fukt inne i murverket kan gjøre at nytilført mørtel ikke vil herde. Ved utlufting må muren beskyttes med et midlertidig tak eller lignende.
Vange	Sammenhengende skiveformet del, eller sidestykke, av en vegg. I en middelalder kistemur er det to parallelle vanger, ytre og indre vange, på hver side av og med binding inn i murkjernen (se: Kistemur og Murliv).
Vedlikehold	Se: Skjøtsel og vedlikehold.
Vindusvange	Sidekanten eller sidestykket i en muråpning for vindu.
Våtlesket kalk	Kalles også deigkalk. Så mye vann tilsettes den brente kalken under leskingen at den får leirekonsistens. Kan lagres i flere år forutsatt lufttett oppbevaring.

Ordliste – prinsippskisse på kistemur



T.h: Illustrasjon:
Inger Karlberg

Sement- kontra kalk-
bruk iht. fuktutfordrin-
ger, illustrasjon med
skader i mørtel og
puss, samt saltutslag



Murverket i middelalderens monumentalbygg er bygget som kistemur. Innenfor ytre og indre murvange er muren fylt med en blanding av stein og mørtel; derav benevnelsen «kistemur».

Noen ganger ble murkjernen fylt med tørr sand, spesielt i kvadersteinsmurer. Steinene i vangen ble lagt med binding inn i murkjernen. Slik ble murvanger og murkjerne bundet til hverandre og muren

fikk sin styrke. Denne måten å bygge på er typisk for middelalderen over hele Europa. Tradisjonen går tilbake til det romerske keiserriket.

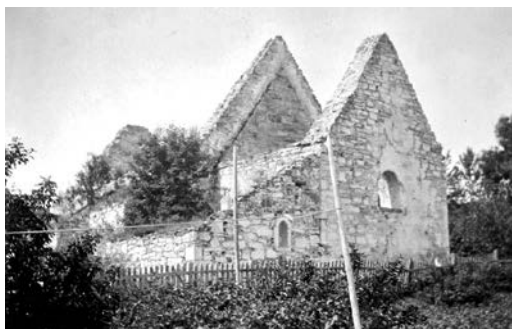
Illustrasjonen og tekst er hentet i fra *Håndbok i Konservering av Ruiner fra middelalderen*, Riksantikvaren, Oslo 2003. Kopiert med samtykke fra Riksantikvaren.

Oppsummering

Følgende faktorer, hver for seg og sammen, kan forårsake og forsterke skader på middelalderkirker i stein:

- **Mekanisk nedbrytning:** Vind, regn, frostsprengning, variasjoner i temperatur og fuktighet, forvitring/erosjon, sprekkdannelser, setninger, oppsug fra grunnen.
- **Kjemisk nedbrytning:** Vann-inntrengning, oppløsning og utvasking av bindemiddel, oppløsning og utfall av mineraler, krystallisering av salt, forurensning.
- **Biologisk nedbrytning:** Utsprengning og forvitring forårsaket av vegetasjon/røtter, angrep av lav, sopp, alger og mose (avhengig av temperatur, fuktighet og mineralinnhold).
- **Antropogen nedbrytning:** Slitasje, utrasing og hærverk forårsaket av mennesker, feil konservering/restaurering.

I hvilken grad de ulike faktorene virker inn på bevaringstilstanden av den enkelte kirke, er avhengig av historiske og regionale/lokale betingelser som byggemåter, byggematerialer, historiske prosesser, konserveringshistorikk, beliggenhet (topografisk og i forhold til infrastruktur), eksponeringsgrad, klima, vegetasjonsbilde osv. Annet som påvirker tilstanden, er mikroklimatiske betingelser som vindretning, veksling mellom tørr og våt tilstand, og frost- og tinesykluser. Andre betingelser kan være byggematerialets porøsitet og mineralsammensetning og kvaliteten på mørtelen. I planleggingen av tiltak på og ved en kirke må slike faktorer utredes og få innflytelse på valg av tiltak, konserveringsmaterialer, konserveringsteknikker, vedlikeholdsmetoder osv.

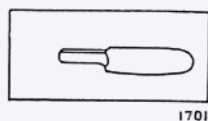


Sakshaug gamle kirke slik bygningen fremsto som kirkeruin mellom 1873 og 1908. Kirken er nå gjenoppbygget. Kirken har vedlikeholdsutfordringer knyttet til gjenoppbyggingen. Bildet er fra Inderøy museums og historielag.



St. Jetmund kirke slik kirken fremsto under gjenoppbyggingen på 1950-tallet etter at kirken ble revet ned til grunnmuren i 1863. Det er også vedlikeholdsutfordringer knyttet til gjenoppbyggingen av denne kirken. Kirken sto på nytt ferdig i 1957. Bilde Riksantikvaren.

Murerverktøy



Murerverktøy.

Skjeer.

Murskjeer.

Brede.

Bladets lengde mm	200	210	220	240
Vekt kg	0,38	0,40	0,48	0,55

Smale.

Bladets lengde mm	200	210	220
Vekt kg	0,35	0,40	0,45

Gipsskjeer.

Bladets lengde mm	180	200	220
Vekt kg	0,50	0,55	0,64

Fugeskjeer.

Flate.

Bladets bredde mm	10	13	16
-------------------	----	----	----

Hule.

Bladets bredde mm	10	13	16
-------------------	----	----	----

Flyndreskjeer.

Runde.

Bladets lengde mm	120	140	160
-------------------	-----	-----	-----

Spisse.

Bladets lengde mm	120	140	160
-------------------	-----	-----	-----

Flekkeskjeer.

Flisskjeer.

Pussebrett.

Stålbrett.

Bladets lengde mm	265
» bredde »	115

Opptrekkerbrett.

Bladets lengde mm	450	550
» bredde »	260	280

Murvinkler.

Størrelse mm 300 × 175, 350 × 200, 400 × 230, 500 × 280, 600 × 330, 700 × 380.

Murlodd.

Polert jern.

Vekt g 200, 250, 300, 400, 500.

Valere.

Tre.

Lengde mm 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200.

Stål.

Lengde eng. tom. 6, 9, 12, 18, 24.

Aluminium.

Lengde eng. tom. 28, 30, 42.

Kalkhakker.

Med askeskaft 5 1/2'.

Bladets størrelse mm 150 × 250.

Hentet fra Storm-
bulls byggebok
fra 1947



Nyttig litteratur og kilder

Digitale kilder

Riksantikvarens bildesamling	kulturminnebilder.ra.no
Nasjonalbiblioteket	nb.no
Digitalt Museum	digitaltmuseum.no
Norges kirker	norgeskirker.no
Kulturminnesøk	kulturminnesok.no
KA	ka.no/kirkebygget

Litteratur

Ekroll, Øystein (1997). *Med kleber og kalk: norsk steinbygging i mellomalderen*.

Ekroll, Øystein. Stige, Morten (2000). *Kirker i Norge. Bind 1 – middelalder i stein*.

Fabrica kulturminnetjenester (2021). *Veileder: Forprosjekt for istandsetting av middelalderkirker i stein*

KA (2022). *Norske steinkirker fra middelalderen – Nøkkeltallsrapport 2021*

KA (2022). *Kirkens særskilte verdier – Kartlegging av omfang, tilstand og kritisk kompetanse*

KA Kirkekontroll 2017. *Kirker i hardere vær – kartlegging av tilstand, sikring, naturskade og ENØK-tiltak i norske kirkebygg*

KA Kirkekontroll 2021. *Stein for stein – Kartlegging av tilstand, sikring og ENØK-tiltak i norske kirkebygg*

Kaun, Susanne og Andersen, Elisabeth. NIKU (2021). *Oversikt over kirker med kalkmaleri fra middelalderen til 1850*.

Ledin, Hans-Emil (1974). *Middelalderen bygger i stein*.

Riksantikvaren (2003). *Håndbok i konservering av ruiner fra middelalderen*.

Storsletten, Ola (1993). *Takverk i steinkirker fra middelalderen*.

