

Tore Kvande og Alf M. Waldum

Erfaringar med puss som vern ved regnpåkjønning

Delrapport frå prosjekt 9 i FoU-programmet
«Klima 2000»



BYGGFORSK

Norges byggforskningssinstitutt

Tore Kvande og Alf M. Waldum

Erfaringar med puss som vern ved regnpåkjening

Delrapport frå prosjekt 9 i FoU-programmet
«Klima 2000»

Prosjektrapport 320 – 2002

Prosjektrapport 320
Tore Kvande og Alf M. Waldum
Erfaringar med puss som vern ved regnpåkjenning
Delrapport frå prosjekt 9 i FoU-programmet «Klima 2000»

Emneord:
yttervegg, puss, mørtel, lettbetong, fukt, styrke

ISSN 0801-6461
ISBN 82-536-0753-9
200 eks. trykt av
S.E. Thoresen as
Innmat:100 g Kymultra
Omslag: 200 g Cyclus

Samarbeidspartnere

Hovedsamarbeidspartnere
Forsvarsbygg Utbyggingsprosjektet, Husbanken, Finansnæringens Hoved-
organisasjon (FNH), Statens bygningstekniske etat (BE), Statsbygg, Norges
forskningsråd.

Bransjepartnere

Selmer Skanska AS, Optiroc AS, A/S Rockwool, Brødr. Sunde AS, Glava A/S,
Jackon AS, Icopal as, Protan A/S, Isola as, Moelven ByggModul AS, Scandi-
aconsult AS, Interconsult ASA, Aadnesen as.

Norske fagmiljøer

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), CICERO Senter for
klimaforskning, Norges landbrukshøgskole, Arkitekthøgskolen i Oslo, Nor-
ges byggstandardiseringsråd, Det norske meteorologiske institutt (DNMI),
Høgskolen i Narvik.

Bransjeforeninger

Byggenæringens Landsforening (BNL), Isolasjonsprodusentenes forening
(IPF), Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF), Ventilasjons- og blik-
kenslagerbedriftenes landsforbund (VBL), Byggevareindustriens forening,
Boligprodusentenes Forening, Norges Byggmesterforbund.

© Copyright Norges byggforskningsinstitutt 2002

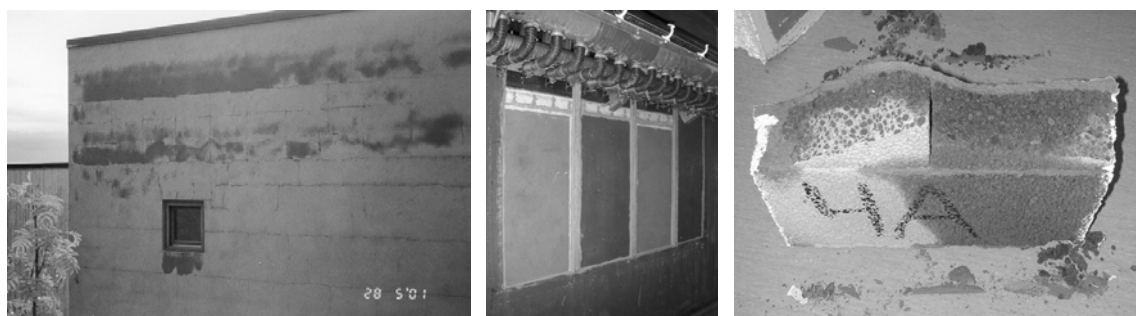
Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndverkslovens be-
stemmelser. Uten særskilt avtale med Norges byggforskningsinstitutt
er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den
utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor,
interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.
Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og
inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 55
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08
www.byggforsk.no/prosjekter/klima2000

Tore Kvande og Alf M. Waldum

Erfaringar med puss som vern ved regnpåkjenning

Delrapport frå prosjekt 9 i FoU-programmet
«Klima 2000»



Forord

Arbeidet i denne prosjektrapporten er utført innanfor prosjekt 9 *Krav til fasadesystem i forhold til slagregnpåkjening*. Prosjektet er ein del av FoU-programmet *Klima 2000 – Klimatilpassing av bygningskonstruksjoner*. Hovudmålet med programmet er gjennom forskning å skaffe nødvendig grunnlag for å utvikle prinsipløysningar for konstruksjonar som både gir auka motstandsevne mot og auka pålitelighet ved klimapåkjening frå nedbør, vind, solstråling og temperatur. Målet er å definere klarare kriterium og anvisingar for prosjektering og utføring av kritiske konstruksjonsdetaljar, hovudsakeleg knytt til den ytre klimaskjermen til bygningar. Programmet blir leia av Norges byggforskningsinstitutt (NBI) og blir gjennomført i samarbeid med Forsvarsbygg Utbyggingsprosjektet, Husbanken, Statsbygg, Finansnæringens Hovedorganisasjon (FNH) og Statens bygningstekniske etat (BE), samt andre fagmiljø og sentrale aktørar i BAE-sektoren. Programmet vart starta i august 2000 og vil vare til utgangen av år 2005. Programmet består av fjorten ulike prosjekt.

I denne prosjektrapporten er erfaringar med puss som vern ved regnpåkjening omhandla. Resultat frå ei mindre feltundersøking og ei laboratorieundersøking av regnpåkjent pussbehandling på lettklinkerbetongmurverk er tatt med.

I arbeidet med rapporten har Optiroc AS og Trondheim Mørtelverk AS samt Geir Wold Hansen ved Mur-Sentret vore til god hjelp. Ein stor takk også til Berit Time (prosjektleder prosjekt 9), Noralf Bakken og Tom-Nils Nilsen ved NBI.

Trondheim, januar 2002

Kim Robert Lisø
Programleder
Norges byggforskningsinstitutt

Tore Kvande
Hovudforfatter
Norges byggforskningsinstitutt

Samandrag

Felt- og laboratorieundersøkinga har tatt sikte på å kartlegge om dagens byggepraksis av puss på mura fasadar i moderat klima gir tilstrekkeleg sikkerhet mot fuktproblem. Fokus er lagt på puss på underlag av lettklinkerbetongmurverk som vern ved regn. Studiet er delt inn i to hovuddelar:

- feltundersøking der tre bygningar på Austlandet med rapporterte fuktproblem vart inspisert. For alle tre tilfella har ikkje murverket hatt tilstrekkeleg vern ved regnpåkjenning nedbørshausten 2000 til tross for at bygningane er opplyst å vere ført opp i samsvar med gjeldande anbefalingar. Hovudmålet med feltundersøkinga var å avklare om rapporterte fuktskadar skuldast at dagens konstruksjonsløyningar er for lite robuste eller om problema kunne forklarast ved spesielle manglar ved konstruksjonen.
- laboratorieprøving med regnpåkjenning av ni ulike pussbehandlingar. Hovudmålet med prøvinga er å studere effekten ulike prinsipielle pussoppbyggingar har som vern ved regnbelastning. For å kontrollere kva som er mest kritisk av regnmengde og styrke på slagregnet er pussprøver utsett for to ulike belastningssituasjonar.

På Sør- og Austlandet regna det kraftig i lengre periodar hausten 2000. Dei store nedbørmengdene har gitt skadar på bygningar som tidligare ikkje har vore utsette for slike skadar. Dei tre bygningane plukka ut til feltstudiet hadde rapporterte fuktproblem som tyda på at dei generelt anbefalte pussløyningane ikkje gav nødvendig sikkerhet mot vasslekkasjar når regnbelastninga vart så stor som den var på Sør- og Austlandet hausten 2000. Gjennomgangen av lekkasjeårsaker har derimot vist at all fuktgjennomtrenging kan forklarast med konkrete bygningstekniske manglar for dei ulike bygga. Med konkrete manglar er her meint mellom anna direkte feil pussoppbygging, beslag som avvik frå dei allment aksepterte løyningar, uheldige arkitektoniske detaljar, manglar ved vindusinnsettinga og riss/sprekker i sjølve fasaden.

Regnprøving i laboratorium etter to metodar har vist at slagregn er tøffare påkjenning enn direkte regn på fasaden utan overtrykk sjølv for pussbehandlingar utan riss og andre synlege svakheter i overflata.

Vidare har prøvinga vist at grunningssjiktet er heilt avgjerande for om pussen skal tåle store regnpåkjenningar. Regntett pussbehandling er oppnådd ved bruk av ein C-mørtel kl B eventuelt ein M-mørtel kl B som grunningssjikt. Bruk av KC 35/65 som har vore stadig meir vanleg det siste 10-året, gir ein meir open grunning og dermed dårlegare vern ved regnpåkjenning.

Med riktig pussoppbygging gir ei tosjiktss pussbehandling tilfredsstillande vern sjølv mot store regnpåkjenningar. Viktige føresetnader her er at vindpåkjenninga er låg og at pussen er utan riss/sprekker. For Sør- og Austlandet har det til no vore mest vanleg å angi tosjiktss pussbehandling.

Som vern mot kraftig slagregn vil ikkje ei tosjiktss pussbehandling vere regntett. Einaste pussbehandlinga som tålte slagregnpåkjenninga var tresjiktspussen med C-mørtel kl B som grunningssjikt, KC 35/65 som 2. sjikt og KC 50/50 som 3. sjikt. NBI anbefalar med bakgrunn i felt- og laboratorieundersøkinga tresjiktss pussbehandling også for såkalla "moderate klima" (Sør- og Austlandet). Dette fordi tresjiktss pussbehandling gir større sikkerhet mot opprissing av pussjiktet, betre garanti for at fuger ikkje blir synlege og større motstandsevne mot andre belastningar enn regnpåkjenning. Regnhausten 2000 på Sør- og Austlandet har dessutan vist at sjølv "innlandsklima" kan få regnpåkjenning som overgår det vi normalt reknar for moderat klima.

Å tilsette vannavvisande middel til pussmørtel treng ikkje gi ei meir regntett pussbehandling. Forsøka har vist at lateks-tilsetning i grunningssjiktet har gitt mykje dårlegare regntetthet enn tilsvarande pussbehandling utan tilsetning av lateks. Resultatet understrekar kor viktig det er å kontrollere effekten av resepturendringar før pussmørtelen blir tatt i bruk i praksis.

All laboratorieprøving i dette studiet er utført med murverk av lettklinkerblokk som underlagsmateriale og det er nærliggande å spørje om dei konklusjonane som er trekt over vil gjelde også for andre material. Her vil svaret være at for material med porestorleik større enn for grunninga vil ein kunne legge resultatata frå prøvinga til grunn. For tegl og dei betongkvalitetar ein har i murverk av betong vil dette gjelde. For plasstøyp betong er regntetthet til puss som regel utan interesse.

Som ei direkte oppfølging av arbeidet omhandla i denne prosjektrapporten vil det bli studert korleis ein kan oppnå ein regntett fasade når eksisterande pussbehandling ikkje gir tilstrekkeleg vern ved regnpåkjenning. Forsøk med silikatmaling og ekstra pussjikt som sluttbehandling vil bli gjennomført.

Innhald

FORORD	3
SAMANDRAG	4
INNHALD	6
1 INNLEIING	7
1.1 FORMÅL OG OMFANG	7
1.2 BAKGRUNN	7
2 FELTUNDERSØKING	8
2.1 FORMÅL	8
2.2 UNTERSØKTE BYGNINGAR	8
2.2.1 <i>Utveljing av bygningar</i>	8
2.2.2 <i>Bygning 1</i>	8
2.2.3 <i>Bygning 2</i>	8
2.2.4 <i>Bygning 3</i>	10
2.3 REGISTRERINGAR	10
2.3.1 <i>Generelt</i>	10
2.3.2 <i>Bygning 1</i>	10
2.3.3 <i>Bygning 2</i>	11
2.3.4 <i>Bygning 3</i>	11
2.4 OPPSUMMERING AV FELTUNDERSØKINGA	12
3 LABORATORIEFORSØK	13
3.1 FORMÅL	13
3.2 PRØVEOBJEKT	13
3.3 PRØVEMETODE	14
3.3.1 <i>Bakgrunn for prøvemetode</i>	14
3.3.2 <i>Regnprøving</i>	15
3.4 RESULTAT	16
3.4.1 <i>Mørtelkontroll</i>	16
3.4.2 <i>Regnprøving</i>	17
3.5 VURDERING AV LABORATORIERESULTATA	21
4 GENERELL VURDERING	23
5 KONKLUSJON	24
6 VIDARE ARBEID	25
LITTERATUR	26
VEDLEGG	27

1 Innleiing

1.1 Formål og omfang

Siktemålet til felt- og laboratorieundersøkinga er å kartlegge om dagens byggepraksis for puss på mura fasadar i moderat klima gir tilstrekkeleg sikkerhet mot fuktproblem. Fokus er lagt på puss på underlag av lettklinkerbetongmurverk som vern ved regn. Studiet er delt inn i to hovuddelar:

- feltundersøking der tre bygningar med rapporterte fuktproblem vart inspisert. For alle tre tilfella har ikkje murverket hatt tilstrekkeleg vern ved regnpåkjenning til tross for at bygningane er opplyst å vere ført opp i samsvar med gjeldande anbefalingar.
- laboratorieprøving med regnpåkjenning av ni ulike pussbehandlinger.

Studiet er gjennomført av Norges byggforskningsinstitutt.

1.2 Bakgrunn

Kritiske klimapåkjenningar for mura fasadar er normalt varierende fukt- og temperaturforhold samt i enkelte tilfelle vindpåkjenning. Mura fasadar er spesielt sårbare for store regnmengder kort tid før ein frostperiode. Tradisjonelt er det derfor skilt mellom utvendig moderat klima ("innlandsklima") og klima med mykje slagregn ("kystklima") når det gjeld byggepraksis og også materialval for mura og pussa fasadar. I praksis har dette gitt eit grunnlag for ulik byggepraksis mellom Sør- og Austlandet og resten av landet.

Med dei store nedbørsmengdene vi hadde på Sør- og Austlandet hausten 2000 har vi fått meldingar om fuktskadar på bygningar som kan ha stått utan fuktskadar i ei årrekke. Det er her altså snakk om skadar som ikkje kan førast tilbake til direkte byggefeil. Det kan virke som om årsakene til fuktskadane rett og slett er at dagens konstruksjonsløysningar er for lite robuste til å takle dei store nedbørsmengdene.

Eit eksempel på forskjellar i byggepraksis mellom Sør- og Austlandet og resten av landet er oppbygging av pussbehandlinga. På Sør- og Austlandet er det mest vanleg med to sjikt, medan tre sjikt er vanleg i kystklima. Også når det gjeld beslagsløysningar er det etablert ulike praksis.

2 Feltundersøking

2.1 Formål

Hovudmålet med feltundersøkinga var å avklare om rapporterte fuktskadar på Austlandet etter regnhausten 2000 skuldast at dagens konstruksjonsløyningar er for lite robuste eller om problema kunne forklarast ved spesielle manglar ved konstruksjonen.

2.2 Undersøkte bygningar

2.2.1 Utveljing av bygningar

Det var ønskeleg å gjennomføre ei avgrensa feltundersøking. Det vart derfor lagt vekt på å finne fram til dei mest interessante bygningane for ei befarung. Via Mur-Sentret, Optiroc, fleire rådgivande ingeniørfirma og direkte til NBI vart det i løpet av regnhausten 2000 rapportert om fleire mura bygningar med fuktproblem. Mange av bygningane hadde ikkje hatt fuktskadar tidlegare. I samarbeid med Mur-Sentret og Optiroc vart tre bygningar valt ut. Alle bygningane ligg i eller nær Oslo. Samanfallande for bygningane var at rapporterte opplysningar tyda på at fuktproblema skuldast at valte konstruksjonsløyning var for svak for den regnbelastninga bygningane var utsette for. Ingen fuktproblem skulle i følge tiltakshavarane vere knyt til klare manglar som defekte beslag og sprekker i pussjiktet etc.

2.2.2 Bygning 1

Bygning 1 ligg i Holmenkollåsen i Oslo. Bygget består av eit ca. 40 år gammalt trehus med eit tilbygg av murverk. Den delen av bygget med fuktproblem er i bærande murverk av Leca Isoblokk 250. Leca Byggeplank er brukt som etasjeskiller. Den mura delen er i to etasjar pluss hems. Bygget er fundamentert direkte på fjell. Bygning 1 er vist på figur 2.1. Puss på innvendige flater er filsa og malt med Jotaplast 07. Utvendige er pussens brettsskurt. Det er her bruka pigmentert grå mørtel. Type pussbehandling er ikkje kjent.

Tiltakshavar har rapportert om fuktinntrenging gjennom austfasade. Problema oppsto hausten 2000 etter periode med mykje nedbør. Vatn rann da inn gjennom elektrisk kontakt på kjøkkenet. I tillegg kom det punktvis fukt gjennom austvendt og sørvendt vegg.

2.2.3 Bygning 2

Også Bygning 2 ligg i Holmenkollåsen i Oslo. Bygget har midtparti av gavlane som karnapp murt i Leca Isoblokk 250. Resten av bygget har trekledning. Bygget er i ein etasje pluss sokkel. Etasjeskiller av trebjelkelag. Bygning 2 er vist på figur 2.2.

Puss på innvendige flater er filsa medan pussens utvendig er brettsskurt. Det er her bruka ein KC-mørtel av ukjent kvalitet.

Fuktinntrenging er registrert gjennom karnapp på austvendt gavl. Tilsvarande karnapp mot vest er utan fuktinntrenging. Problema har eksistert ei tid med ei kraftig forverring hausten 2000 etter periode med mykje nedbør.



Figur 2.1
Tilbygd del av Bygning 1 (Foto: Geir Wold Hansen)



Figur 2.2
Gavlparti på Bygning 2 (Foto: Tore Kvande)

2.2.4 Bygning 3

Bygning 3 ligg i Asker kommune. Einebustaden er murt i Leca Isoblokk 250. Murverket over det lange vinduet blir bært av ein IPE 220 stålbjelke. Etasjeskiller av trebjelkelag. Bygget er fundamentert direkte på fjell. Sjå elles vedlagt tverrsnittsteikning av bygget. Figur 2.3 viser fasade mot søraust.

Pussen er brettskurt innvendig og utvendig. Utvendig er pussan gjennomfarga med fargeblanda på plassen. Innvendig er pussan kvitkalka.

Fuktinntrenging er av tiltakshavar registrert ved verandadør, over langvindu, gjennom yttervegg ved oppvaskbenk samt gjennom yttervegg oppe under etasjeskiller i bod. Ved dei store nedbørsmengdene sist haust har fuktinntrenginga vore betydeleg. Bortsett frå eit utbetra område er det ikkje registrert noko problem med fuktinntrenging tidlegare.



Figur 2.3
Bygning 3. Fasade mot søraust (Foto: Alf M. Waldum)

2.3 Registreringar

2.3.1 Generelt

For kvar av dei besøkte bygningane er det utarbeid eit notat som er lagt ved som vedlegg 1 – 3. Her er registreringar gitt i detalj og foto er tatt med som dokumentasjon. I det etterfølgjande er dei viktigaste registreringane kort oppsummert.

2.3.2 Bygning 1

Innvendig

- Overflata er filsa og malt. Homogen struktur.
- Blæring i maling nede mot golv på begge sider av høgt vindu mot sør på kjøkken.
- Malingsblæring med saltutfelling på pussoverflata på hemsan ved sida av vindu mot austvegg.
- Stikkontakt på kjøkken har korrosjonsskadar.

Utvendig:

- Fasaden mot aust har riss i minst halvparten av liggefugene og i mange av stussfugene. Rissbredder frå 0,05 til 0,2 mm er målt.
- På to av hjørna vart det ved stikkontroll registrert at hjørneblokker ikkje var brukt (pussen trekt over isolasjon skjerna).
- For nordfasaden er rissbildet mye det same som for austfasaden.
- Vestfasaden synes å ha færre riss, men enkeltriss med bredde opp til 0,4 mm er påvist.
- Sørfasaden har skader av same type som for austfasaden. Pusstjukkelse ned mot 2 - 3 mm er målt.
- Pussen er ikkje trekt opp bak gesimsbeslaget.
- Pusset vegg over tak (mellom tilbygg og eksisterande) har betydelege pusskadar i form av sprekker og avskallingar.

2.3.3 Bygning 2

Innvendig:

- Overflata er filsa. Homogen struktur.
- Saltutfellingar og fukt skjoldar. Problema størst i hjørnet mot sør og i eit felt oppe på den austvendte fasaden.
- Enkelte riss der spesielt eit horisontalt riss 1 – 1,5 m over baderomsvindu var spesielt markert.

Utvendig:

- Ingen observerte riss i nedre del av murverket.
- Enkelte svinnriss i puss registrert i øvre del.
- Horisontalt riss/sprekke i nivå med feste av taksperre. Rissvidde 0,05 – 0,5 mm. Største områda med fuktinntrenging er under denne sprekka.
- Svake skøyter i gesimsbeslag.
- Pussen er ikkje trekt opp bak gesimsbeslag eventuelt pussjiktet er tynt.
- Pusstjukkelse på 9 – 10 mm er målt. Pussbehandlninga er påført i to sjikt der grunningsjiktet er 1 – 2 mm tjukt.

2.3.4 Bygning 3

Innvendig:

- Fukt skjoldar over langvindu, ved verandadør, gjennom yttervegg ved oppvaskbenk samt gjennom yttervegg oppe under etasjeskiller i bod.
- Enkelte horisontale sprekker som følgjer underkant av øvste blokkskiftet.

Utvendig:

- Store farge- og strukturforskjellar i pussen.
- Murverket er murt med opne stussfuger.
- Puss er påført i eitt påkast i tjukkelse 7 – 8 mm.
- Riss i dei fleste stussfugene i U-blokkskift over vindu. Også mange riss og sprekker i pussen elles. Enkelte sprekker med vidder opp til ca. 1,0 mm.
- Skiferheller er lagt inn som horisontalt band i nivå med etasjeskiller mellom 1. og 2. etasje. Langs heile overkanten av det horisontale bandet går det ei sprekke mellom skiferhelle og murverk.
- Vindu er satt i plan med vegg liv utan bruk av beslag.
- Som vindu på hjørnesoverom er isolerglassrutene festa direkte til murverket med fugemasse.

2.4 Oppsummering av feltundersøkinga

Alle bygningane kontrollert i dette feltstudiet ligg i eller nært Oslo. Ingen av bygningane er med andre ord utsette for typisk kystklima med mykje slagregn. Gjennomgangen har vist at all fuktgjennomtrenging kan forklarast med konkrete manglar for dei ulike bygga og ikkje på grunn av at gjeldande anbefalingar ikkje har gitt tilstrekkeleg vern ved regnpåkjenning.

Pussen på murveggene i Bygning 1 har klare manglar. Ei samla pusstjukkelse ned mot 2 - 3 mm er langt mindre enn anbefalt frå NBI, Mur-Sentret og blokkleverandør. Sjølv utan riss vil ein så tynn puss gi begrensa vern ved regnpåkjenning. Muring utan bruk av hjørneblokk er også uheldig. Det å ikkje føre pussa opp bak gesimsbeslaget er ein annan klar svakhet.

Pussen på den mura delen av Bygning 2 ser ut til å ha ei oppbygging og ei tjukkelse innafor det som er anbefalt for tosjikt pussbehandling. Men spesielt ei horisontal sprekk i nivå med feste av taksperre ser ut til å ha avgjerande innverknad på fuktinntrenginga i veggen. Også enkelte andre riss har rissvidder som gir fare for fuktinntrenging. Pussbehandlinga elles ser ut til å vere tilfredsstillande. Beslagsløyningar har enkelte svake punkt som kan ha gitt vassinntrenging. Men det ser ikkje ut til at dei svake beslagsdetaljane har hatt avgjerande innverknad på fuktinntrenginga

Også pussbehandlinga av Bygning 3 har klare manglar. Som vern mot utvendig klima er ein einsjikt puss i seg sjølv utilstrekkeleg. I tillegg har pussa her omfattande oppsprekking. Fuktinntrenging ser i første rekke ut til å vere knytt til riss/sprekkene i fasaden. Spesielt sprekkane som følgjer overkant av det horisontale skiferbandet ser ut til å ha gitt stor fuktinntrenging. Skiferbandet leder vatn inn i murverket gjennom den oppståtte sprekkane. I tillegg til svakhetene i pussjiktet, strid valt metode for vindusinnsetting mot hovudprinsippa for tilfredsstillande tettheit.

3 Laboratorieforsøk

3.1 Formål

Hovudmålet med prøvinga er å studere effekten ulike prinsipielle pussoppbyggingar har som vern ved regnbelastning. For å kontrollere kva som er mest kritisk av regnmengde og styrke på slagregnet er pussprøver utsett for to ulike belastningssituasjonar.

3.2 Prøveobjekt

Prøvestykke med dimensjon 1 m x 0,5 m (høgde x bredde) er murt av 100 mm lettklinkerbetong med mur- og pussmørtel klasse B (C-mørtel). Felta er mura med opne stussfuger. Ni ulike pussvariantar er undersøkt, sjå tabell 3.1. Alle pussbehandlingane er bygd opp av tradisjonelle pussmørtlar med unntak av prøve 5. Prøve 5 er pussa med ein EF-puss Serpo 262. Dette er ein fiberarmert puss med ein god del tilsetningsstoff.

Det er laga to prøvestykke (A og B) for kvar type pussbehandling, totalt 18 prøvestykke. Herdetid mellom pussjiktta var eitt døgn. Mørtelkontroll er utført etter retningslinjene i NS 3120 for alle pussmørtlane

Etter oppmuring er sidekantane til prøvestykkka behandla med ei akrylmaling for å hindre fuktinntrenging frå sidene under prøvinga. Eksponert areal for nedbør er 0,95 m x 0,45 m.

Tabell 3.1

Undersøkte pussbehandlingar

Prøve nummer	Pussbehandling ¹⁾	Ønska sjikttjukkelse
1	1. sjikt: KC 35/65 (Leca Fasadepuss)	10 mm
2	1. sjikt: C-mørtel kl B (Leca B mørtel) 2. sjikt: C-mørtel kl B (Leca B mørtel)	3-5 mm 10 mm
3	1. sjikt: KC 35/65 (Leca Fasadepuss) 2. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk)	3-5 mm 10 mm
4	1. sjikt: KC 35/65 (Leca Fasadepuss) 2. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk) 3. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk)	3-5 mm 10 mm 5 mm
5	1. sjikt: EF-puss Serpo 261 (Optiroc) 2. sjikt: EF-puss Serpo 261 (Optiroc)	3-4 mm 4-5 mm
6	1. sjikt: M-mørtel kl B (Optiroc) 2. sjikt: KC 35/65 (Optiroc)	5 mm 10 mm
7	1. sjikt: M-mørtel kl B (Optiroc) 2. sjikt: KC 50/50 (Optiroc)	5 mm 10 mm
8	1. sjikt: C-mørtel kl B (Trondheim Mørtelverk) 2. sjikt: KC 35/65 (Trondheim Mørtelverk) 3. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk)	5 mm 10 mm 5-8 mm
9	1. sjikt: C-mørtel kl B tilsett vannavvisande middel 2. sjikt: KC 35/65 (Trondheim Mørtelverk) 3. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk)	5 mm 10 mm 5-8 mm

¹⁾ C = sement, K = hydratkalk, M = mursement

3.3 Prøvetomete

3.3.1 Bakgrunn for prøvetomete

Den metoden som blir bruka ved NBI for prøving av slagrengettetthet for murte veggar, NBI-29/1983, har vore bruka mellom 40 og 50 år. Nedanfor er grunnlaget for metoden kort forklart:

Slagregnmålingar har gitt verdiar opp mot 17 l/(m²h) for spesielt vêrharde område og omkring 10 l/(m²h) som meir typiske verdiar (Svendsen et al. 1966). Når regnvatn treff ein murt mineralsk fasade blir vatn først suge opp av veggmaterialet (puss, tegl eller anna). Viss regnet fortsett raskare enn oppsuginga vil vatnet starte å renne nedover veggen og ein vassfilm blir etter kvart danna utanpå fasaden. Vassfilmen vil være tjukkare på den nedre del av veggen enn på den øvre. Denne filmen dannar ei bru over dei uunngåelege små rissa ein har i ein murt vegg. Vind mot veggen gir ein trykkdifferanse over vassfilmen, som fører til at vatn blir pressa inn i veggen. Vassinntrenging på grunn av vindtrykk vil vere viktig for riss/sprekker mellom 0,1 og 5 mm. I tillegg kjem kapillærsuging som er viktig for riss/øpningar mindre enn 0,5 mm.

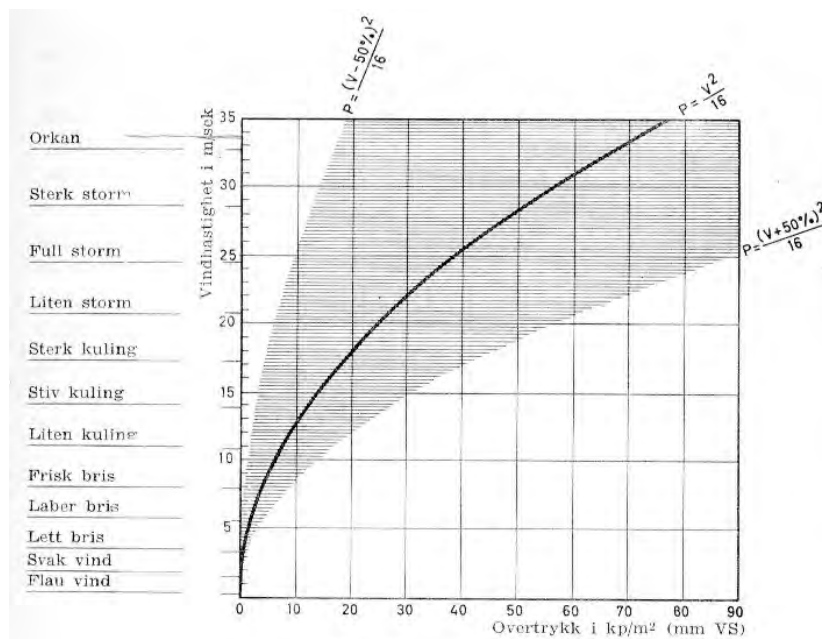
Faktorar som bestemmer regninntrenginga vil vere veggens eigenskapar, mengde vatn som treff veggen og vindtrykket over veggen.

Vindtrykket blir bestemt av vindhastigheita og av bygningens form, orientering og omgivnad. Tilnærma kan man rekne ut overtrykket over lovart vegg etter formelen:

$$p = \frac{v^2}{1,6}$$

der p er overtrykket i N/m² (eller mm vannsøyle)
 v er vindhastighet i m/sek

Samanhengen mellom vindhastighet og vindtrykk er vist i figur 3.1. Beauforst skala er også lagt inn i figuren. Det fins praktiske erfaringar frå kyststrøk der overtrykk på 80-100 mmVS er målt, i ekstreme tilfeller 150 mmVS eller høgare (Svendsen et al. 1966).



Figur 3.1
 Samanheng mellom vindhastighet og vindtrykk (Svendsen et al. 1966)

3.3.2 Regnprøving

Effekten dei ulike pussbehandlingane har som vern ved regnpåkjenning er prøvd etter to metodar:

- slagregn ved 750 Pa overtrykk etter metode NBI-29/1983 "Mørtler. Tetthet mot slagregn".
- "dusjing" utan overtrykk, påsprøyting av vatn etter prinsippa i NS-EN 1027 metode 1A.

Etter NBI-29/1983 blir forsøka kjørt etter følgjande plan:

1. 5 timar med eit statisk overtrykk på 750 Pa og påsprøyta vassmengde 1,2 l/(m²·min.). Påsprøytinga av vatn skjer i øvre del av prøvestykket, sjå figur 3.1.
2. 5 timar utan overtrykk og vasspåsprøyting, men med ein tørr luftstraum langs flata.
3. 36 timar kontinuerleg kjøring med påkjenning som under pkt. 1.

"Dusjing" er gjennomført ved å sprøyte vatn på øvre del av prøvestykke frå ei dyserekke med ei dyse pr. 0,5 m. Kvar dyse gir 2,0 l/min. Dysevinkel er 24°. Vasspåføringa skjer utan overtrykk i kammeret etter same syklus som NBI-29/1983. Påsprøyta vassmengde er såpass stor at ein vassfilm blir danna utanpå pussoverflata. Vasspåføring er vist i figur 3.2.



Figur 3.2

Pussprøver inne i slagregnskapet under prøving. Fotoet viser regnpåføring i øvre kant av prøvestykket. (Foto: Tore Kvande)

Vektauke på grunn av regnbelastning og eventuell fuktgjennomtrenging er registrert. Ved deling av enkelte av prøvestykket etter prøving er inntrengingsdjubder, fuktinnhald i ulike sjikt og pussstjukkelse målt.

For prøvestykke som er prøvd både mot slagregn og "dusjing" fekk prøvestykket tørke mellom prøvingane. Tørking vart gjennomført ved bruk av varmluftvifte. Tabell 3.2 gir ei oversikt over kva belastningar dei ulike prøvestykket er utsett for.

Tabell 3.2

Gjennomført prøving på dei ulike prøvestykkja

Prøve	1. prøving	2. prøving
1A	Slagregn (NBI-29/1983)	"Dusjing"
1B	- " -	-
2A	Slagregn (NBI-29/1983)	"Dusjing"
2B	- " -	-
3A	Slagregn (NBI-29/1983)	-
3B	"Dusjing"	-
4A	Slagregn (NBI-29/1983)	-
4B	"Dusjing"	-
5A	Slagregn (NBI-29/1983)	-
5B	"Dusjing"	-
6A	Slagregn (NBI-29/1983)	-
6B	"Dusjing"	-
7A	Slagregn (NBI-29/1983)	-
7B	"Dusjing"	-
8A	Slagregn (NBI-29/1983)	-
8B	"Dusjing"	-
9A	Slagregn (NBI-29/1983)	-
9B	"Dusjing"	-

3.4 Resultat

3.4.1 Mørtelkontroll

Mørtelkontroll er utført etter retningslinjer gitt i NS 3120. Berre aktuelle mørteleigenskapar for pussmørtlar er kontrollert. Eigenskapar til fersk mørtel er gitt i tabell 3.3. Tabell 3.4 og 3.5 viser bøyestrek- og trykkfasthet ved 28 døgn. I tabellane er det også gitt krav til ein del av eigenskapane. Alle krav er i samsvar med NS 3120.

Tabell 3.3

Fersk mørteleigenskapar til bruka pussmørtlar

Pussmørtel	Vanntilsetning pr. kg tørrmørtel [l]	Luftinnhald (trykk) (NS 3106) [%]	Konsistens (NS 3107) [RB]	Vannseparasjon etter 2 timar (NS 3109) [ml]
Krav i NS 3120	-	≤ 18	-	≤ 7
C-mørtel kl B (Leca B-mørtel)	0,137	14	1,4	10,5
KC 35/65 kl B (Leca Fasadepuss)	0,153	9,5	1,4	9,8
KC 50/50 kl C (Trondheim Mørtelverk)	0,180	10	1,4	5,0
EF-puss Serpo 261 (Optiroc)	0,220	17,0	1,2	0
M-mørtel kl B (Optiroc)	0,125	15,0	1,6	1,6
KC 35/65 (Optiroc)	0,137	11,5	1,5	2,0
KC 50/50 (Optiroc)	0,150	9,0	1,6	2,6
C-mørtel kl B (Trondheim Mørtelverk)	0,138	15,0	1,4	3,0
C-mørtel kl B (Tr.heim M.verk) m/lateks	0,138	17,0	1,5	0
KC 35/65 kl B (Trondheim Mørtelverk)	0,163	12,5	1,4	2,3
KC 50/50 kl C (Trondheim Mørtelverk)	0,189	12,5	1,4	2,6

Tabell 3.4
Bøyestrekfasthet målt etter 28 døgn i samsvar med NS 3104

Pussmørtel	Middel	"Range"	Krav	Eining
C-mørtel kl B (Leca B-mørtel)	2,3	2,17 – 2,41	2,5	N/mm ²
KC 35/65 kl B (Leca Fasadepuss)	2,0	1,92 – 1,98	2,5	"-"
KC 50/50 kl C (Trondheim Mørtelverk)	0,6	0,59 – 0,61	1,8	"-"
EF-puss Serpo 261 (Optiroc)	1,4	1,31 – 1,40	1,8	"-"
M-mørtel kl B (Optiroc)	2,3	2,16 – 2,42	2,5	"-"
KC 35/65 (Optiroc)	3,1	2,80 – 3,26	2,5	"-"
KC 50/50 (Optiroc)	2,0	1,81 – 2,14	1,8	"-"
C-mørtel kl B (Trondheim Mørtelverk)	4,2	3,87 – 4,45	2,5	"-"
C-mørtel kl B (Tr.heim M.verk) m/lateks	3,8	3,67 – 3,95	2,5	"-"
KC 35/65 kl B (Trondheim Mørtelverk)	2,4	2,34 – 2,48	2,5	"-"
KC 50/50 kl C (Trondheim Mørtelverk)	1,4	1,40 – 1,45	1,8	"-"

Tabell 3.5
Trykkfasthet målt etter 28 døgn i samsvar med NS 3104

Pussmørtel	Middel	"Range"	Krav	Eining
C-mørtel kl B (Leca B-mørtel)	10,9	10,38 – 11,31	8	N/mm ²
KC 35/65 kl B (Leca Fasadepuss)	7,8	7,44 – 8,25	8	"-"
KC 50/50 kl C (Trondheim Mørtelverk)	1,7	1,69 – 1,86	5	"-"
EF-puss Serpo 261 (Optiroc)	4,0	3,77 – 4,14	5	"-"
M-mørtel kl B (Optiroc)	7,3	7,01 – 7,44	8	"-"
KC 35/65 (Optiroc)	12,6	11,02 – 13,68	8	"-"
KC 50/50 (Optiroc)	7,6	6,86 – 8,45	5	"-"
C-mørtel kl B (Trondheim Mørtelverk)	19,7	18,30 – 21,10	8	"-"
C-mørtel kl B (Tr.heim M.verk) m/lateks	15,2	12,35 – 15,93	8	"-"
KC 35/65 kl B (Trondheim Mørtelverk)	8,1	7,84 – 8,39	8	"-"
KC 50/50 kl C (Trondheim Mørtelverk)	4,6	4,32 – 4,98	5	"-"

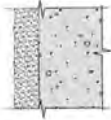








3.4.2 Regnprøving

I det etterfølgjande er fuktgjennomgang i prøvestykka etter regnbelastning dokumentert ved foto, sjå tabell 3.6. Foto tatt ved ulike tidspunkt under prøvinga er lagt ved som vedlegg 4. Ved avslutta prøving er eit prøvestykke av kvar variant delt for å kontrollere kor langt inn i prøvestykke vatn har trengt inn og for å måle pusstjukkelse. Også målte pusstjukkelse er gitt i tabell 3.6.

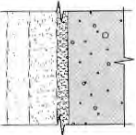


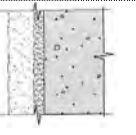


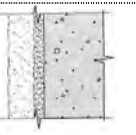


Prøver for måling av fuktinnhald i puss, synleg fuktig del av lettklinkerblokk og i tilsynelatande tørr del av lettklinkerblokk vart tatt ut for veging og tørking. Fuktinnhald i dei ulike sjikta er gitt i tabell 3.7. I tabellen kan ikkje verdiane for fuktopptak i heile veggfeltet og fuktinnhald i dei ulike sjikta samanliknast direkte. Fuktopptak er registrert som vektauke av heile prøvestykke i forhold til vekt før start slagregnprøving. Fuktinnhald målt etter prøving i ulike sjikt er i forhold til tørka prøver ved 105 °C til stabil vekt.

Tabell 3.6




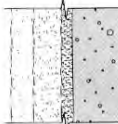
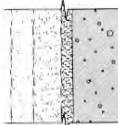
Fuktgjennomgang i prøvestykke utsett for regnbelastning i form av slagregn og "dusjing"

Prøve nr.	Pussbehandling	Etter regnprøving									
		Slagregn	"Dusjing"								
1	 <p>1. sjikt: KC 35/65 (Leca Fasadepuss)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 1B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>10 mm</td> <td>7-10 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 1B: 50 mm fuktinntrenging etter slagregn</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 1B	1. sjikt	10 mm	7-10 mm	 			
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 1B									
1. sjikt	10 mm	7-10 mm									
2	 <p>1. sjikt: C-mørtel kl B (Leca B mørtel) 2. sjikt: C-mørtel kl B (Leca B mørtel)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 2B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>3-5 mm</td> <td>2-3 mm</td> </tr> <tr> <td>2. sjikt</td> <td>10 mm</td> <td>5-6 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 2B: 40 - 50 mm fuktinntrenging i etter slagregn</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 2B	1. sjikt	3-5 mm	2-3 mm	2. sjikt	10 mm	5-6 mm	 
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 2B									
1. sjikt	3-5 mm	2-3 mm									
2. sjikt	10 mm	5-6 mm									
3	 <p>1. sjikt: KC 35/65 (Leca Fasadepuss) 2. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 3A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>3-5 mm</td> <td>3-5 mm</td> </tr> <tr> <td>2. sjikt</td> <td>10 mm</td> <td>4-7 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 3A: 80 mm fuktinntrenging</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 3A	1. sjikt	3-5 mm	3-5 mm	2. sjikt	10 mm	4-7 mm	 
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 3A									
1. sjikt	3-5 mm	3-5 mm									
2. sjikt	10 mm	4-7 mm									

Tabell 3.6, forts.

Prøve nr.	Pussbehandling	Etter regnprøving													
		Slagregn	"Dusjing"												
4	 <p>1. sjikt: KC 35/65 (Leca Fasadepuss) 2. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk) 3. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 4A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>3-5 mm</td> <td>1-3 mm</td> </tr> <tr> <td>2. sjikt</td> <td>10 mm</td> <td>7-8 mm</td> </tr> <tr> <td>3. sjikt</td> <td>5 mm</td> <td>3-7 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 4A: 40-50 mm fuktinntrenging</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 4A	1. sjikt	3-5 mm	1-3 mm	2. sjikt	10 mm	7-8 mm	3. sjikt	5 mm	3-7 mm		
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 4A													
1. sjikt	3-5 mm	1-3 mm													
2. sjikt	10 mm	7-8 mm													
3. sjikt	5 mm	3-7 mm													
5	 <p>1. sjikt: EF-puss Serpo 261 (Optiroc) 2. sjikt: EF-puss Serpo 261 (Optiroc)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 5A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>3-4 mm</td> <td>4 mm</td> </tr> <tr> <td>2. sjikt</td> <td>4-5 mm</td> <td>4-5 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 5A: 60 mm fuktinntrenging</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 5A	1. sjikt	3-4 mm	4 mm	2. sjikt	4-5 mm	4-5 mm					
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 5A													
1. sjikt	3-4 mm	4 mm													
2. sjikt	4-5 mm	4-5 mm													
6	 <p>1. sjikt: M-mørtel kl B (Optiroc) 2. sjikt: KC 35/65 (Optiroc)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 6A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>5 mm</td> <td>5-8 mm</td> </tr> <tr> <td>2. sjikt</td> <td>10 mm</td> <td>10 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 6A: 100 mm fuktinntrenging</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 6A	1. sjikt	5 mm	5-8 mm	2. sjikt	10 mm	10 mm					
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 6A													
1. sjikt	5 mm	5-8 mm													
2. sjikt	10 mm	10 mm													

Tabell 3.6, forts.

Prøve nr.	Pussbehandling	Etter regnprøving											
		Slagregn	"Dusjing"										
7	 <p>1. sjikt: M-mørtel kl B (Optiroc) 2. sjikt: KC 50/50 (Optiroc)</p>												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 7A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>5 mm</td> <td>5-8 mm</td> </tr> <tr> <td>2. sjikt</td> <td>10 mm</td> <td>10 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 7A: 60 mm fuktinntrenging</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 7A	1. sjikt	5 mm	5-8 mm	2. sjikt	10 mm	10 mm	 	
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 7A											
1. sjikt	5 mm	5-8 mm											
2. sjikt	10 mm	10 mm											
8	 <p>1. sjikt: C-mørtel kl B (Trondheim Mørtelverk) 2. sjikt: KC 35/65 (Trondheim Mørtelverk) 3. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk)</p>												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 8A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>5 mm</td> <td>5-6 mm</td> </tr> <tr> <td>2. sjikt</td> <td>10 mm</td> <td>9-10 mm</td> </tr> <tr> <td>3. sjikt</td> <td>5-8 mm</td> <td>7-8 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 8A: 30-40 mm fuktinntrenging</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 8A	1. sjikt	5 mm	5-6 mm	2. sjikt	10 mm	9-10 mm	3. sjikt	5-8 mm
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 8A											
1. sjikt	5 mm	5-6 mm											
2. sjikt	10 mm	9-10 mm											
3. sjikt	5-8 mm	7-8 mm											
9	 <p>1. sjikt: C-mørtel kl B tilsatt lateks (Trondheim Mørtelverk) 2. sjikt: KC 35/65 (Trondheim Mørtelverk) 3. sjikt: KC 50/50 (Trondheim Mørtelverk)</p>												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ønska sjikttjukkelse</th> <th>Målt sjikttjukkelse på prøve 9A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. sjikt</td> <td>5 mm</td> <td>5-6 mm</td> </tr> <tr> <td>2. sjikt</td> <td>10 mm</td> <td>9-10 mm</td> </tr> <tr> <td>3. sjikt</td> <td>5-8 mm</td> <td>7-8 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prøve 9A: 100 mm fuktinntrenging</p>		Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 9A	1. sjikt	5 mm	5-6 mm	2. sjikt	10 mm	9-10 mm	3. sjikt	5-8 mm
	Ønska sjikttjukkelse	Målt sjikttjukkelse på prøve 9A											
1. sjikt	5 mm	5-6 mm											
2. sjikt	10 mm	9-10 mm											
3. sjikt	5-8 mm	7-8 mm											

Einaste pussbehandling som tålte begge belastningssituasjonane godt (slagregn og ”dusjing”) er tresjikt med grunningssjikt av C-mørtel kl B (prøve 8). Prøvinga viser at for puss er slagregn meir kritisk belastning enn regn aleine, sjølv utan riss i pussjiktet. Elles viser prøvinga at grunningssjikt av C- eller M-mørtel kl B er heilt avgjerande for evna pussen har til å tåle store regnpåkjenningar. Alle prøvene med C-mørtel som grunningssjikt tåler ”dusjinga” godt. Også tresjikt behandlinga med KC 35/65 som grunningssjikt (prøve 4) tålte ”dusj”-belastninga godt. Det same gjeld prøva med grunningssjikt med M-mørtel og KC 35/65 som 2. sjikt.

Inspeksjon av pussoverflatene før og etter prøving viste ingen riss eller andre lokale svakheter.

Tabell 3.7

Fuktopptak i veggfelt og fuktinnhald i ulike sjikt innover i veggfelta

Prøve	Belastning	Fuktopptak i heile veggfeltet [vekt-%]	Fuktinnhald		
			Puss [vekt-%]	”Våt” del av blokk [vekt-%]	”Tørr” del av blokk [vekt-%]
1A	Slagregn	4,7	-	-	-
	”Dusjing”	4,3	-	-	-
1B	Slagregn	4,7	8,6	10,9	3,4
2A	Slagregn	3,2	-	-	-
	”Dusjing”	3,1	-	-	-
2B	Slagregn	3,8	7,3	10,7	3,2
3A	Slagregn	4,5	10,3	11,0	-
	”Dusjing”	7,4	-	-	-
4A	Slagregn	6,1	10,5	10,8	3,5
	”Dusjing”	4,6	-	-	-
5A	Slagregn	7,0	11,5	11,9	4,0
	”Dusjing”	3,5	-	-	-
6A	Slagregn	5,8	7,9	12,2	5,0
	”Dusjing”	3,7	-	-	-
7A	Slagregn	4,2	8,7	10,5	3,4
	”Dusjing”	4,4	-	-	-
8A	Slagregn	3,3	8,8	”Tørr”	4,9
	”Dusjing”	3,4	-	-	-
9A	Slagregn	4,6	9,1	10,8	4,9
	”Dusjing”	7,1	-	-	-

3.5 Vurdering av laboratorieresultata

Pussbehandlingane er i denne prøvinga utsette for tøff belastning. Konstant overtrykk på 750 Pa (orkan) i 36 timar er veldig høgt. (Tilsvarende at veggfelta ligg horisontalt med 75 mm vatn på flata.) Såpass lang konstant regnpåkjenning som 36 timar er også unormalt. Meininga med denne prøvinga er ekstrem belastning for å avdekke svakheter og forskjellar. Fuktgjennomtrenging skjedde for dei svakaste pussbehandlingane allereie etter få timar, sjå vedlegg 4.

Pussbehandlingane er i tillegg til NBI-29/1983 utsette for ”dusjing”. Forskjellane mellom dei to metodane er at det ved ”dusjing” ikkje blir bruka overtrykk samtidig som påsprøyta vassmengde er større (ca. 4,0 l/(m²·min.) mot 1,2 l/(m²·min.)). Forskjellen i påført

vassmengde er vurdert å vere utan avgjerande innverknad sidan begge metodane gav ein vassfilm utanpå pussoverflata under prøvinga. Overtrykket under slagregnprøvinga er med andre ord den dominerande forskjellen mellom belastningane i praksis.

I prøveprogrammet som her er gjennomført, er berre ei prøve pr. behandling og påkjenning prøvd. Individuelle variasjonar er derfor ikkje avslørte. For i størst mogleg grad å sikre at resultatane ikkje er forstyrre av andre forhold, er alle prøver kontrollert for eventuelle riss og andre lokale svakheter før og etter regnbelastninga. Ingen svakheter i pussoverflatene er funne.

Når pussbehandlingane med grunningsmjukt av C-mørtel kl B har gitt ein meir regntett fasade enn pussbehandlingar av KC-mørtlar kan dette forklarast med forskjellar i porestorleik/-fordeling. Tilsetning av hydratkalk i mørtelen gir ein smidigare/meir elastisk mørtel men ein vil også normalt vente ein mørtel med større porer. Jo meir kalk i mørtelen dess meir permeabel blir pussen. Puss av KC-mørtlar på lettklinkerblokkmurverk er ønskeleg på grunn av meir samanfallande materialeegenskapar med murverket enn C-mørtlar. Puss med større elastisitet er ønskeleg for å unngå riss i pussbehandlinga.

Ved fuktinntrenging i grove porer vil vindtrykket kunne gjere seg gjeldande. For horisontale porer vil inntrengingsdjupna vere uavgrensa i løpet av prøveperioden (tyngdekrafta har lita innverknad). Dette gjer at dei porene som gir størst inntrengingshastigheit også gir størst inntrengingsdjupne, det vil seie dei grove porene. Ved å gå ut i frå at grove porer gir større inntrengingsdjupne i prøvestykka enn fine porer ser følgjande samanhenger ut til å gjelde:

- a) For Optiroc-mørtlane har KC 50/50 finare porer enn KC 35/65 (prøve 6 og 7).
- b) Leca Fasadepuss (KC 35/65) har finare porer enn KC 50/50 frå Trondheim Mørtelverk (prøve 1 og 3).
- c) EF-puss Serpo 261 frå Optiroc har grovare porer enn Leca Fasadepuss (KC 35/65), men finare enn KC 50/50 frå Trondheim Mørtelverk (prøve 5, 1 og 3).
- d) Leca Fasadepuss (KC 35/65) har mykje finare porer enn KC 35/65 frå Optiroc (prøve 1 og 6).
- e) Det er mogleg at KC 35/65 frå Trondheim Mørtelverk er tilnærma like finporet som Leca Fasadepuss, men dette må sjåast i samanheng med pkt. f (prøve 4 og 8).
- f) C-mørtel kl B frå Trondheim Mørtelverk ser ut til å vere finporet (prøve 2 og 8). (Prøve 2 viser at Leca B mørtel (C-mørtel kl B) har relativt liten inntrengingsdjupne aleine. Prøve 8 viser ytterlegare redusert inntrenging med C-mørtel kl B frå Trondheim Mørtelverk som grunningsmjukt. Men det gode resultatet for prøve 8 kan delvis skuldast at KC 35/65 frå Trondheim Mørtelverk er finporet, sjå pkt. e.)
- g) Tilsetning av lateks (SBS) har gitt grovare porer i C-mørtel kl B frå Trondheim Mørtelverk (prøve 9).

Dei aller fleste fabrikkframstilte tørrmørtlar inneheld tilsetningsstoff for å betre eigenskapane til mørtelen. Kva for stoff og mengder som tilsettes vil kunne vere avgjerande for porestorleiken til den ferdige pussen. Laboratorieforsøka kan tyde på at ei meir optimal mengde/-type tilsetningsstoff er bruka i Leca Fasadepuss med tanke på å redusere vassinntrenging, enn tilfellet er for dei prøvde KC-mørtlane frå Optiroc. Også tilsetningsmengde/-type i Trondheim Mørtelverk sine mørtljar ser ut til å vere relativt god.

Dokumentasjonen av nødvendigheita av å bruke sementrike grunningar er svært viktig. Fram til ca. 1990 vart grunningar av typen C 100/330 og C 100/440 bruka. Etter kvart som man har gått frå M- og MC-mørtlar og tilbake til å bruke meir kalkrike pussmørtlar, har det også vorte meir vanleg å bruke kalk i grunningsmørtelen. Vurderinga har vore at berre man valte ei grunning meir bindemiddelrik og med større styrke enn hovudpussen fekk man ei egna grunning både med tanke på vedheft og rengtetthet. Resultatane frå regnprøvinga har vist at også bindemiddeltype må trekkast inn ved val av grunning.

4 Generell vurdering

Det er i dette prosjektet gjennomført både eit feltstudie av bygningar med rapporterte fuktproblem og ei laboratorieundersøking med regnprøving av ulike pussbehandlinger. I prosjektet har fokus vore lagt einisidig på puss som vern ved regnpåkjenning. For eksempel er ikkje pussens sine samvirkeegenskapar diskuterte. Feltundersøkinga og NBIs generelle erfaring er at mangelfulle beslagsløyser, manglar ved dør- og vindusinnsetting og riss/sprekker i fasaden på grunn av fukt- og temperaturreørsler er meir vanlege skadeårsaker enn manglar ved pussoppbygginga (Kvande og Waldum 2001). Oppsummeringa av Kvande og Waldum (2001) viser at manglar ved pussbehandlinga likevel er ein svært vanleg skadeårsak.

Ei pussbehandling skal ikkje berre gi tilstrekkeleg vern mot vasslekasjar, men også verne mot alle andre aktuelle påkjenningar, samt gi ønska estetiske kvalitetar. Ein føresetnad for ei vellykka pussbehandling er eit godt samvirke mellom pussbehandling og underlag. Type pussmørtel må derfor velgast ut frå type underlag. For eksempel blir andre mørtlar anbefalt som puss på betong enn på lettklinkerbetongmurverk. Vidare er pussoppbygginga viktig. Dei ulike pussjiktene har ulike funksjonar som kort blir repetert her (Svendsen et al. 1966):

- 1. pussjikt (grunning)* skal sikre god heft til underlaget og jamne ut ulikheter i sugeevna til underlaget. Eit grunningsjikt med full dekning er dessutan svært viktig for regntettheta til pussbehandlinga. På svakt sugande underlag, f.eks. betong, er grunning heilt nødvendig for å oppnå tilstrekkeleg heftfasthet.
- 2. pussjikt (hovudpuss, grovpuss, grovstokk)* skal i første rekke fyllje ujamnheiter i underlaget og medverke til at pussa får tilstrekkeleg beskyttande eigenskapar. Sidan 2. sjiktet normalt er tjukkast vil sjiktet ha eit stort ansvar når det gjeld å verne underlaget mot alle slags påkjenningar. Det 2. pussjiktet skal dessutan i lag med grunningsjiktet regulere sugeevna slik at sluttbehandlinga får jamn farge og struktur.
- 3. sjikt (sluttbehandling)* i ei tresjiktbehandling vil fungere som "offersjikt", i tillegg til å betre vernet av underlaget mot fuktpåkjenning. Sluttbehandlinga tek også vare på visse estetiske funksjonar med omsyn til farge og struktur, og den kan forbetre den smussavvisande evne til fasaden og lette reinhaldet. Sluttbehandlinga kan vere puss, slemming eller mineralsk maling.

Laboratorieprøvinga har vist at tresjiktbehandling kan gi ei vasstett overflatebehandling ved låge vindtrykk sjølv om regnmengdene er svært store. Ved slagregn i kombinasjon med sterk vind er imidlertid eit tredje pussjikt nødvendig. Med bakgrunn i felt- og laboratorieundersøkinga og generelle erfaringar anbefalar NBI at tresjiktbehandling i moderate klima også av andre årsaker. Tresjiktbehandling gir større sikkerhet mot opprissing av pussjiktet, betre garanti for at fuger ikkje blir synlege og større motstandsevne mot andre belastningar enn regnpåkjenning.

5 Konklusjon

Dei tre bygningane plukka ut til feltstudiet hadde rapporterte fuktproblem som tyda på at dei generelt anbefalte pussløysningane ikkje gav nødvendig sikkerhet mot vasslekkasjar når regnbelastninga vart så stor som den var på Sør- og Austlandet hausten 2000. Gjennomgangen av lekkasjeårsaker har derimot vist at all fuktgjennomtrenging kan forklarast med konkrete bygningstekniske manglar for dei ulike bygga. Med konkrete manglar er her meint mellom anna direkte feil pussoppbygging, beslag som avvik frå dei allment aksepterte løysningar, uheldige arkitektoniske detaljar, manglar ved vindusinnsettinga og riss/sprekker i sjølve fasaden.

Regnprøving i laboratorium etter to metodar har vist at slagregn er tøffare påkjenning enn direkte regn på fasaden utan overtrykk sjølv for pussbehandlingar utan riss og andre synlege svakheter i overflata.

Vidare har prøvinga vist at grunningssjiktet er heilt avgjerande for om pussen skal tåle store regnpåkjenningar. Regntett pussbehandling er oppnådd ved bruk av ein C-mørtel kl B eventuelt ein M-mørtel kl B som grunningssjikt. Bruk av KC 35/65 som har vore stadig meir vanleg det siste 10-året, gir ein meir open grunning og dermed dårlegare vern ved regnpåkjenning.

Med riktig pussoppbygging gir ei tosjikts pussbehandling tilfredsstillande vern sjølv mot store regnpåkjenningar. Viktige føresetnader her er at vindpåkjenninga er låg og at pussen er utan riss/sprekker. For Sør- og Austlandet har det til no vore mest vanleg å angi tosjikts pussbehandling.

Som vern mot kraftig slagregn vil ikkje ei tosjikts pussbehandling vere regntett. Einaste pussbehandlinga som tålte slagregnpåkjenninga var tresjikts pussen med C-mørtel kl B som grunningssjikt, KC 35/65 som 2. sjikt og KC 50/50 som 3. sjikt. NBI anbefalar med bakgrunn i felt- og laboratorieundersøkinga tresjikts pussbehandling også for såkalla "moderate klima" (Sør- og Austlandet). Dette fordi tresjikt pussbehandling gir større sikkerhet mot opprissing av pussjiktet, betre garanti for at fuger ikkje blir synlege og større motstandsevne mot andre belastningar enn regnpåkjenning. Regnhausten 2000 på Sør- og Austlandet har dessutan vist at sjølv "innlandsklima" kan få regnpåkjenning som overgår det vi normalt reknar for moderat klima.

Å tilsette vannavvisande middel til pussmørtel treng ikkje gi ei meir regntett pussbehandling. Forsøka har vist at lateks-tilsetting i grunningsjiktet har gitt mykje dårlegare regntetthet enn tilsvarande pussbehandling utan tilsetting av lateks. Resultatet understrekar kor viktig det er å kontrollere effekten av tilsetningsstoff før pussmørtelen blir tatt i bruk i praksis.

All laboratorieprøving i dette studiet er utført med murverk av lettklinkerblokk som underlagsmateriale og det er nærliggande å spørje om dei konklusjonane som er trekt over vil gjelde også for andre material. Her vil svaret vere at for material med porestorleik større enn for grunninga vil ein kunne legge resultatata frå prøvinga til grunn. For tegl og dei betongkvalitetar ein har i murverk av betong vil dette gjelde. For plasstøyp betong er regntetthet til puss som regel utan interesse.

6 Vidare arbeid

Vern av murte konstruksjonar ved regnpåkjening er tema også for vidare arbeid innanfor FoU-programmet Klima 2000. Temaet inngår sentralt innanfor følgjande prosjekt:

Prosjekt 5: *Utforming av beslag mot nedbør*

Prosjektet har som mål å forbetre eksisterande beslagsløyser, samt danne underlag for utvikling av nye beslagsløyser. Prosjektet blir utført ved:

- I. litteraturstudie, systematisk gjennomgang og vurdering av utførte arbeid ved NBI, samt erfaringar frå andre nordiske land.
- II. feltundersøking.
- III. laboratorieforsøk.

Prosjekt 9: *Krav til fasadesystemer i forhold til slagregnpåkjening*

Ein viktig del av prosjekt 9 er å oppgradere eksisterande berekningsverktøy for fukttekniske analyser. Ved hjelp av berekningsverktøyet vil det bli gjennomført analyser av oppfuktings- og uttøringspotensiale for mellom anna murte fasadar.

Som ei direkte oppfølging av arbeidet omhandla i denne prosjektrapporten vil det bli studert korleis ein kan oppnå ein regntett fasade når eksisterande pussbehandling ikkje gir tilstrekkeleg vern ved regnpåkjening. Forsøk med silikatmaling og ekstra pussjikt som sluttbehandling vil bli gjennomført.

Litteratur

NBI-29/1983

NBI prøvemethode NBI-29 – *Mørtler. Tetthet mot slagregn*. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo 1983.

NS 3104

Norsk Standard NS 3104 – *Mur- og pussmørtler. Prøving. Trykkfasthet og bøyestrekfasthet*. Norges Standardiseringsforbund, 1.utg., Oslo 1988.

NS 3106

Norsk Standard NS 3106 – *Mur- og pussmørtler. Prøving. Luftinnhold*. Norges Standardiseringsforbund, 1.utg., Oslo 1988.

NS 3107

Norsk Standard NS 3107 – *Mur- og pussmørtler. Prøving. Konsistens*. Norges Standardiseringsforbund, 1.utg., Oslo 1988.

NS 3109

Norsk Standard NS 3109 – *Mur- og pussmørtler. Prøving. Vannseparasjon*. Norges Standardiseringsforbund, 1.utg., Oslo 1988.

NS 3120

Norsk Standard NS 3120 – *Murmørtler. Egenskaper og klassifisering*. Norges Standardiseringsforbund, 1.utg., Oslo 1988.

NS-EN 1027

Norsk Standard NS-EN 1027 – *Vinduer og dører. Regntetthet. Prøvemethode*. Norges Standardiseringsforbund, 1. utg. Oslo 2000.

Svendsen et al. (1966)

Svendsen, S.D., Dührkop, H., Saretok, V. og Sneck, T. – *Mørtel-Mur-Puss*, Håndbok 20, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo 1966.

Kvande og Waldum (2001)

Kvande, T. og Waldum, A. M. – Byggforsk informerer om skadar på murverk, typar og årsaker, *Byggeindustrien*, nr. 7 2001.

Vedlegg

1. Registreringsskjema og foto frå feltundersøking av Bygning 1
2. Registreringsskjema og foto frå feltundersøking av Bygning 2
3. Registreringsskjema og foto frå feltundersøking av Bygning 3
4. Fotodokumentasjon av fuktgjennomtrenging under laboratorieforsøka

Registreringskjema Feltundersøking Klima 2000

Adresse:	Bygning 1 Holmenkollåsen, Oslo		
Kontaktperson	NN		
Type bygning	Generasjonsbolig	Byggeår	?/1997
Befaring Dato	28.05.2001	Vedlegg	Foto
Tilstade	Tiltakshavar Geir Kristiansen, Optiroc Geir Wold Hansen, Mur-Sentret Alf M. Waldum, Norges byggforskningsinstitutt Tore Kvande, Norges byggforskningsinstitutt		

Problem	Fuktinntrenging gjennom austfasade. Problema oppsto sist haust etter periode med mykje nedbør. Vatn rann da inn gjennom elektrisk kontakt på kjøkkenet. I tillegg kom det punktvis fukt gjennom austvendt og sørvendt vegg.
---------	---

Konstruksjon	Bygget består av eitt ca. 40 år gammalt trehus med eit tilbygg av murverk. Den delen av bygget med problem er i bærande murverk av Leca Isoblokk 250. Leca Byggeplank er brukt som etasjeskiller. Den murte delen er i to etasjar pluss hems. Bygget er fundamentert direkte på fjell. Bygningen er vist på foto 1.
--------------	---

Div. opplysningar	Puss på innvendige flater er filsa og malt med Jotaplast 07. Utvendige er pussen brettsturt. Det er her bruka pigmentert grå mørtel. Type pussbehandling er ikkje kjent.
-------------------	--

Registreringar	<p><u>Innvendig:</u> Fint utført filsa overflate. Blæring av maling vart registrert nede mot golv på begge sider av høgt vindu mot sør på kjøkken. Tilsvarande malingsskadar (blæring pga. saltutfelling) er å finne under og ved sidene av vindu i austvegg på hems (foto 2). Metall i elektrisk kontakt på kjøkkenet har korrosjonsskadar (foto 3).</p> <p><u>Utvendig:</u> Austfasade har riss som følgjer minimum kvar andre liggefuge og mange av stussfugene (foto 4). Rissvidder er målt i område 0,05 – 0,2 mm. Totalt veggtykkelse inkludert innvendig og utvendig pussjikt er målt til ca. 262 mm. Det ser ikkje ut til å vere bruka hjørneblokk. I hjørna er skumkjerna pussa utan bruk av armeringsnett. Nordfasade har skadar tilsvarande som for austfasaden (foto 5 og 6). Vestfasade har færre observerte riss. Nokre riss er synlege til høgre på foto 6. Største riss i plasstøyt betongfundament. Rissvidder her målt i området 0,05 – 0,4 mm. Sørfasade har skadar som for austfasaden (foto 7). Eitt stykke av pussen over skumkjerna var heilt laus (foto 8). Målt total pussstykkelse er ned mot 2 – 3 mm (to sjikt). Enkelte plassar er blokkmaterialet synleg gjennom pussjiktet (foto 9).</p>
----------------	---

Registreringar forts.	<p>Gesimsbeslag ser ut til vere montert før veggen er pussa. Lettklinkerblokker står i alle fall utan puss bak beslaget.</p> <p>Målt inntrenging av vatn i puss ved 115 mm vassøyle på austfasade etter:</p> <table data-bbox="491 344 719 448"> <tr> <td>1 minutt</td> <td>14 mm</td> </tr> <tr> <td>2 minutt</td> <td>17 mm</td> </tr> <tr> <td>3 minutt</td> <td>20 mm</td> </tr> </table>	1 minutt	14 mm	2 minutt	17 mm	3 minutt	20 mm
1 minutt	14 mm						
2 minutt	17 mm						
3 minutt	20 mm						
Vurderingar	<p>Pussen på den murte delen av bygningen har klare manglar. Ein total pusstjukkelse ned mot 2 – 3 mm er klart mindre enn anbefalingane gitt av Mur-Sentret, NBI og blokkleverandøren. 2 – 3 mm tilsvarar anbefalt tjukkelse på grunningssjikt. Ein såpass tynn puss gir i seg sjølv ikkje tilstrekkeleg vern mot sjølv moderat regnpåkjenning. Puss med så lita tjukkelse vil dessutan lett sprekke opp som registrert på den undersøkte bygningen.</p> <p>Manglande puss på lettklinkerblokkmurverket bak gesimsbeslag gir inga vern mot regn som blåser opp bak beslaget.</p> <p>Aktuelle utbetringsiltak kan vere:</p> <ol data-bbox="475 837 1382 1003" style="list-style-type: none"> 1. Påføring av eitt ekstra slemmesjikt på dagens pussbehandling. Alle riss i underlaget må fyllast før påføring av nytt slemmesjikt. Det bør her brukast ei pigmentert slemming for å oppnå ønska farge. 2. Maling av eksisterande puss med eit slikatmalingssystem. Det kan tenkast at eksisterande riss kan fyllast ved hjelp av rett val av malingssystem. <p>Begge dei aktuelle utbetringsmetodane krev at nettarmoring blir lagt inn i pussen over der det ikkje er murt med hjørneblokker.</p>						
Oppsummering	<p>Etter vår vurdering skuldast fuktinntrenginga i første rekke bruk av ei altfor tynn pussbehandling. I tillegg gir ikkje valte beslagsløyser tilfredsstillande vern mot slagregnpåkjenning.</p>						



Foto 1 Tilbygd del av Bygning 1 (Foto: Geir Wold Hansen)

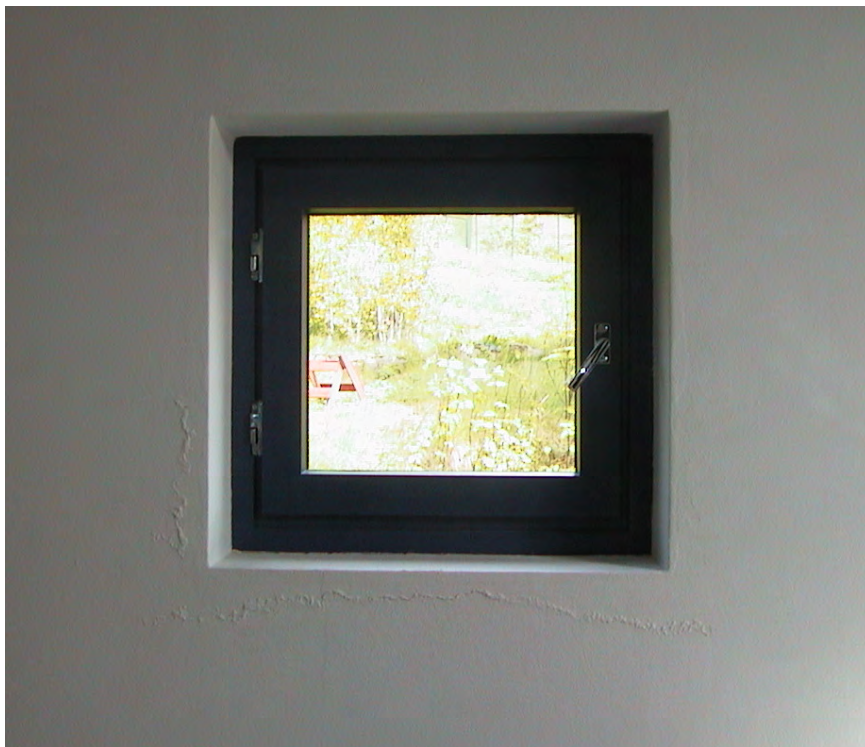


Foto 2 Malingsskadar under og ved sidene av vindu i austvegg på hems (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 3: Elektrisk kontakt på kjøkkenet har korrosjonsskadar (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 4: Austfasade med mange riss (Foto: Alf M. Waldum)



Foto 5 Riss i nordfasade (Foto: Alf M. Waldum)



Foto 6 Fasade mot nord og mot vest (Foto: Alf M. Waldum)



Foto 7 Fasade mot sør og aust har mange riss (Foto: Alf M. Waldum)



Foto 8 Puss over varmeisolasjonskjerna har lausna. Riss i pussen (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 9 Tynn pussbehandling (Foto: Geir Wold Hansen)

Registreringskjema Feltundersøking Klima 2000

Adresse:	Bygning 2 Holmenkollåsen, Oslo		
Kontaktperson	NN		
Type bygning	Enebolig	Byggeår	1995
Befaring Dato	28.05.2001	Vedlegg	Foto
Tilstade	Geir Kristiansen, Optiroc Geir Wold Hansen, Mur-Sentret Alf M. Waldum, Norges byggforskningsinstitutt Tore Kvande, Norges byggforskningsinstitutt		
Problem	Fuktinntrenging gjennom karnapp på austvendt gavl. Tilsvarande karnapp mot vest er utan fuktinntrenging. Problema har eksistert ei tid med ei kraftig forverring sist haust etter periode med mykje nedbør.		
Konstruksjon	Bygget har midtparti av gavlane som karnapp murt i Leca Isoblokk 250. Resten av bygget har trekledning. Bygget er i ein etasje pluss sokkel. Etasjeskiller av trebjelkelag. Bygning 2 er vist på foto 1.		
Div. opplysningar	Puss på innvendige flater er filsa medan pussen utvendig er brettskurt. Det er her bruka ein KC-mørtel av ukjent kvalitet.		
Registreringar	<p><u>Innvendig:</u> Merker etter fuktgjennomtrenging var tydelege på grunn av saltutfellingar og fuktskjoldar. Problema såg ut til å vere størst ved hjørnet mot sør og i eitt felt oppe på den austvendte fasaden, sjå foto 2 og 3. Også mindre parti med fuktgjennomgang skal vere dokumentert med foto av tiltakshavar.</p> <p>Generelt såg pussoverflata ut til å vere fint utført. Men ein del riss var tydelege sjølv frå golvnivå. Eitt horisontalt riss 1-1,5 m over baderomsvindu var spesielt markert. På grunn av stor takhøgde og vanskeleg tilgang var det ikkje mogleg å komme til der problema med fuktinntrenging såg ut til å vere størst.</p> <p><u>Utvendig:</u> Ingen observerte riss i nedre del av murverket. Registreringar gjort frå tak viste nokre svinnriss. Mest markert var ei horisontalt sprekk i nivå med feste av takspærre, sjå foto 4. Rissvidder er målt i området 0,05 – 0,5 mm. Foto 5 viser enkelte av rissa på den sørvendte delen av murt karnapp. Synlege riss ved studie av foto med lupe er markert med tusj.</p> <p>Størst område med saltutfellingar er på innvendig flate i underkant av den markerte horisontale sprekk. Horisontal sprekk er vist på foto 6. Her ser vi også eitt riss som følgjer ei av stussfugene. Den horisontale sprekk går rundt hjørnet og er markert med tusj nedst på foto 5.</p>		

<p>Registreringar forts.</p>	<p>Gesimsbeslag har enkelte svakheitar ved skøyter. Manglande eller tynn puss er registrert på murverket bak beslag. Lengda på overlapp med murverk er 100 mm på karnapp med problem og 150 mm på karnapp utan tilsvarande problem.</p> <p>Murverket er pussa mot trekledning. Manglande overgang her (foto7). Knappe overlappar beslag og murverk ved vertikale materialskilje (foto 8).</p> <p>Utvendig puss har ei ein del lause korn i overflate. Ved å dra handflata over pussoverflata blir ein del korn med.</p> <p>Målt total pusstjukkelse er 9 – 10 mm inkludert grunningssjikt og hovudpuss. Grunningssjiktet har brungul farge og er 1 – 2 mm tjukt.</p> <p>Målt inntrenging av vatn i puss over tak på sørvendt del av karnapp:</p> <table data-bbox="491 633 721 701"> <tr> <td>2 minutt</td> <td>7 mm</td> </tr> <tr> <td>3 minutt</td> <td>10 mm</td> </tr> </table> <p>Målt inntrenging av vatn i puss nede mot sokkel på austvendt del av karnapp:</p> <table data-bbox="491 750 721 851"> <tr> <td>1 minutt</td> <td>7 mm</td> </tr> <tr> <td>2 minutt</td> <td>13 mm</td> </tr> <tr> <td>3 minutt</td> <td>17 mm</td> </tr> </table> <p>Begge målingar er gjort med 115 mm vassøyle.</p>	2 minutt	7 mm	3 minutt	10 mm	1 minutt	7 mm	2 minutt	13 mm	3 minutt	17 mm
2 minutt	7 mm										
3 minutt	10 mm										
1 minutt	7 mm										
2 minutt	13 mm										
3 minutt	17 mm										

<p>Vurderingar</p>	<p>Pussen på den murte delen av bygningen ser ut til å ha ei oppbygging og ei tjukkelse innafor det som er anbefalt for to-sjikt pussbehandling. Pussen har enkelte riss i første rekke den øvre delen av murverket. Målt vassinntrenging på tilsynelatande intakt flate er som forventa med denne type pussbehandling.</p> <p>Pussbehandlinga har enkelte riss i første rekke i den øvre delen av veggen. Spesielt den horisontale sprekka ser ut til å ha avgjerande innverknad på fuktinntrenginga i veggen. Største områda med merker etter fuktinntrenging er under denne sprekka. Også andre riss har rissvidder som gir fare for fuktinntrenging.</p> <p>Manglande puss på lettklinkerblokkmurverket bak gesimsbeslag gir inga vern mot regn som blåser opp bak beslaget.</p> <p>Ved ei utbetring må alle riss over 0, 2 mm fyllast. For å unngå store kontrastar mellom reparerte område og dagens puss bør fasaden påførast eitt slemmesjikt. Eventuelt kan ei slikatmaling redusere kontrastane ein del. Før utbetring av den mest markerte sprekka må årsak til oppsprekkinga avklarast. (Rører sprekka på seg framleis? Korleis er innfestinga av taksperra? Ligg det eitt U-blokkskift i nivå med sprekka? Er fuga armert på annan måte?)</p>
--------------------	--

<p>Oppsummering</p>	<p>Etter vår vurdering skuldast fuktinntrenginga i første rekke den horisontale sprekka i nivå med feste av taksperra. Pussbehandlinga elles ser ut til å vere tilfredsstillande. Beslagsløyseringar har enkelte svake punkt som kan ha gitt vassinntrenging. Men det ser ikkje ut til at dei svake beslagsdetaljane har hatt avgjerande innverknad på fuktinntrenginga.</p>
---------------------	--



Foto 1 Bygning 2 (Foto: Tore Kvande)



Foto 2 Fuktinntrenging gjennom yttervegg på soverom (Foto: Tore Kvande)



Foto 3 Fuktinntrenging gjennom yttervegg på soverom. Foto tatt frå overlysvindu
(Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 4 Gavlparti med feste av taksperre (Foto: Tore Kvande)



Foto 5 Sørvendte delen av murt karnapp. Synlege riss ved studie av foto med lupe er markert med tusj. (Foto: Tore Kvande)



Foto 6 Horisontal sprekk i murverket (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 7 Murverk pussa mot trekledning
(Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 8 Kort overlapp av takbeslag og murverk
(Foto: Geir Wold Hansen)

Registreringskjema Feltundersøking Klima 2000

Adresse:	Bygning 3 Asker		
Kontaktperson	NN		
Type bygning	Enebolig	Byggeår	1996/97
Befaring Dato	28.05.2001	Vedlegg	Foto + Tversnittsteikning
Tilstade	Tiltakshavar Geir Kristiansen, Optiroc Geir Wold Hansen, Mur-Sentret Alf M. Waldum, Norges byggforskningsinstitutt Tore Kvande, Norges byggforskningsinstitutt		

Problem	Fuktinntrenging ved verandadør, over langvindu, gjennom yttervegg ved oppvaskbenk samt gjennom yttervegg oppe under etasjeskiller i bod. Ved dei store nedbørmengdene sist haust har fuktinntrenginga vore betydeleg. Bortsett frå eitt utbetra område er det ikkje registrert noko problem med fuktinntrenging tidlegare.
---------	--

Konstruksjon	Bustaden er murt i Leca Isoblokk 250. Murverket over det lange vinduet blir bært av ein IPE 220 stålbejelke. Etasjeskiller av trebjelkelag. Bygget er fundamentert direkte på fjell. Sjå elles vedlagt tversnittsteikning av bygget. Foto 1 og 2 viser respektive fasade mot nordvest og søraust.
--------------	---

Div. opplysningar	<p>Tidlegare har det vore vasslekkasjar frå overlysnisje i opphaldsrom. Overlys i kanalplast er no bytta ut med vindu av isolerglas. Utsiftinga har gitt ein tett konstruksjon.</p> <p>Pussen er brettskurt innvendig og utvendig. Utvendig er pussa gjennomfarga med farge blanda på plassen. Innvendig er pussa kvitkalka.</p> <p>Murverket er opplyst å ikkje vere knyta saman i toppen med gjennomgåande U-blokkskift.</p>
-------------------	--

Registreringar	<p><u>Innvendig:</u> Fuktflekker viser at vatn har rent inn som forklart under punktet "problem", sjå også foto 3 til 5. I tillegg er det mellom anna observert ei sprekk i underkant av nest øvst blokkskift på nordaustfasade. Tilsvarande oppsprekking er å finne under øvste blokkskift på søraustfasade i hjørnesoverom.</p> <p><u>Utvendig:</u> Pussen har store farge- og strukturforskjellar, sjå foto 2 og 6. Fasadane ser ut til å vere pussa nedanfrå og opp. Riss er registrert i dei aller fleste stussfuger i U-blokkskift over vindu. Også fasadane elles har mange riss og sprekker. Målt sprekkevidder opp til ca. 1,0 mm.</p>
----------------	---

<p>Registreringar forts.</p>	<p>Skiferheller er lagt inn som horisontalt band i nivå med etasjeskiller mellom 1. og 2. etasje (foto 2). Skiferhella går ca. 40 mm inn i mørtelfuga. Det er observert ei sprekk mellom overkant skiferhelle og murverk langs heile det horisontale bandet. I nivå med midten av 2. etasje er det registrert eitt riss som følgjer heile søraustfasaden.</p> <p>Alle vindu er satt i plan med veggliv (foto 7). Smug ser ut til å vere pussa. Ingen av vindua har beslag. Bunnglasslist ligg ned på karm utan drenering av karmen. Vindua ser ut til å vere skumma fast til murverket. Langt vindu mot søraust er i øvrekant festa i IPE stålbjelke. I underkant av vinduet er det ei horisontal sprekk mellom tilpassingstykke av treverk og murverk. Lågt vindu på hjørnesoverom er utan karm og festa med fugemasse (foto 8).</p> <p>Murverket er murt med opne stussfuger. Målt total pussstjukkelse er 7 – 8 mm. Pussen er påført i eitt sjikt.</p> <p>Målt inntrenging av vatn i puss ved 115 mm vassøyle på søraustre fasade etter:</p> <table data-bbox="491 750 721 846"> <tr> <td>1 minutt</td> <td>12 mm</td> </tr> <tr> <td>2 minutt</td> <td>17 mm</td> </tr> <tr> <td>3 minutt</td> <td>23 mm</td> </tr> </table>	1 minutt	12 mm	2 minutt	17 mm	3 minutt	23 mm
1 minutt	12 mm						
2 minutt	17 mm						
3 minutt	23 mm						

<p>Vurderingar</p>	<p>Pussbehandlinga av Bygning 3 har klare manglar. Som vern mot utvendig klima er ein einsjikts puss i seg sjølv utilstrekkeleg. I tillegg har pussen her omfattande oppsprekking. Fuktinntrenging ser i første rekke ut til å vere knytt til slike riss og sprekker i fasaden. Spesielt sprekk som følgjer overkant av det horisontale skiferbandet ser ut til å ha gitt stor fuktinntrenging. Skiferbandet leder vatn inn i murverket gjennom den oppståtte sprekk. Vatn som kjem inn i murverket vil bli drenert ned på IPE bjelken som igjen leder vatnet inn i bygget.</p> <p>Valte vindusløysningar følgjer ikkje anbefalingar gitt av Mur-Sentret og NBI. Totalt fråvær av beslag, fuger utan to-trinns tetting og ingen drenering av bunnkarm gjer at vatn lett kan komme inn ved regnbelastning.</p> <p>Konstruktive forhold er ikkje vurdert i dette notatet, men det stilles spørsmålsteikn ved avstiving av murkrona og opplegg av takkonstruksjonen.</p> <p>Ved ei utbetring er den største utfordringa knytt til vindua. For å oppnå eit tilfredsstillande vern mot nedbør må vindua skiftast ut. Nye vindu og beslag må monterast etter anbefalingar gitt i Byggforskserien eller Murkatalogen.</p> <p>Ved utbetring av dei murte flatene vil truleg påføring av eitt nytt pusssjikt vere mest aktuelt. Alle riss i underlaget må fyllast før påføring av nytt pusssjikt. Bruk av ein pigmentert mørtel vil vere naturleg for å oppnå ønska farge. Horisontalt band av skiferheller må fjernast for å unngå at overgangen puss/skifer sprekk opp på nytt.</p>
--------------------	--

<p>Oppsummering</p>	<p>Etter vår vurdering skuldast fuktinntrenginga i første rekke riss og sprekker i pussen. Bruk av ei einsjikt pussbehandling gir ikkje tilstrekkeleg vern mot klimapåkjenningar. Oppbryting av to av fasadane med eit horisontal band av skifer har gjort at vatn blir leda direkte inn i murverket. I tillegg strid valt metode for vindusinnsetting mot hovudprinsippa for tilfredsstillande tetthet.</p>
---------------------	--



Foto 1 Fasade mot nordvest (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 2 Fasade mot søraust (Foto: Alf M. Waldum)



Foto 3 Fuktinntrenging over langvindu mot søraust (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 4 Fuktinntrenging gjennom yttervegg ved oppvaskbenk (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 5 Fuktinntrenging underkant etasjeskiller i bod (Foto: Tore Kvande)



Foto 6 Farge- og strukturforskjellar på fasade mot sørvest (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 7 Vindu montert i plan med veggliv. Horisontal sprekk under langvinduet. (Foto: Geir Wold Hansen)



Foto 8 Vindu på hjørnesoverom er utan karm og festa med fugemasse (Foto: Alf M. Waldum)

Fotodokumentasjon av fuktgjennomtrenging under laboratorieforsøka

Prøve 1A: Slagregnprøving NBI-29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



5 timar



46 timar

Prøve 1A: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før



25 timar



46 timar

Prøve 1B: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før

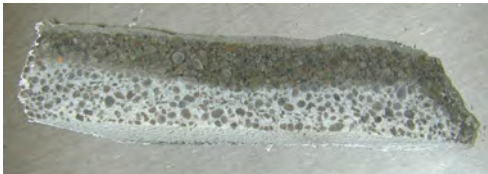


26 timar

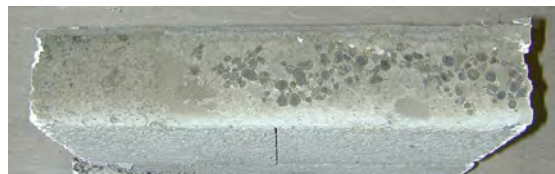


46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

Fuktgjennomtrenging i punkt. Elles nådde fuktfronten ca. 50 mm inn i blokkene. I mørtelfugene nådde fuktfronten mesta heilt gjennom prøvestykke.

Prøve 2A: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



46 timar

Prøve 2A: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før



46 timar

Prøve 2B: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



26 timar



46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

Fuktgjennomtrenging i punkt. Elles nådde fuktfronten 40 – 50 mm inn i blokkene. Fuktfronten nådde lengst inn ved mørtelfugene.

Prøve 3A: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

Fuktgjennomtrenging i fleire punkt. Elles nådde fuktfronten 80 mm inn i prøvestykke.

Prøve 3B: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før

4 timar

22 timar

46 timar

Prøve 4A: Slagregnprøving NBI –29/1983

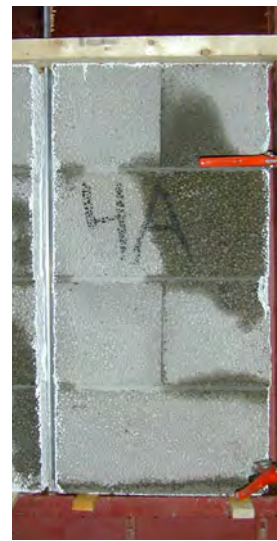
Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



26 timar



46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

Fuktgjennomtrenging i eit større område pluss i mindre punkt. Elles nådde fuktfronten 40 – 50 mm inn i blokkene. I mørtelfugene nådde fuktfronten mesta heilt gjennom prøvestykke.

Prøve 4B: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før



46 timar

Prøve 5A: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

Fuktgjennomtrenging i eit større område. Elles nådde fuktfronten ca. 60 mm inn i blokkene. I mørtelfugene nådde fuktfronten 70 –80 mm inn i prøvestykke.

Prøve 5B: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før



46 timar

Prøve 6A: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

Fuktgjennomtrenging i eit større område. Også for resten av prøva nådde fuktfronten mesta heilt gjennom prøva.

Prøve 6B: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før



46 timar

Prøve 7A: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

Fuktgjennomtrenging i eit lite punkt. Elles nådde fuktfronten ca. 60 mm inn i prøva.

Prøve 7B: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før



46 timar

Prøve 8A: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:

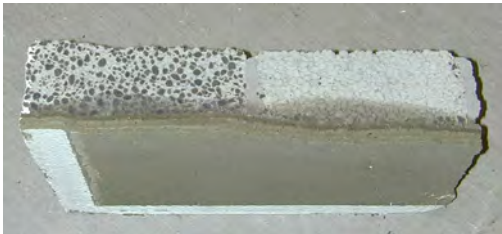


Før



46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

Inga fuktgjennomtrenging. Fuktfronten nådde 30 – 40 mm inn i prøva.

Prøve 8B: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før



46 timar

Prøve 9A: Slagregnprøving NBI –29/1983

Utvikling i løpet av slagregnprøvinga:



Før



22 timar



46 timar

Fuktfront i prøvestykke etter prøving:



Delt blokk etter prøving



Delt prøve ved mørtelfuge

Kommentar:

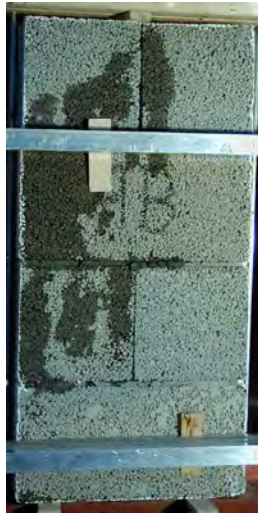
Fuktgjennomtrenging i eit større område. Varierende inntrengingsdjubde på fuktfronten.

Prøve 9B: Regnprøving utan overtrykk

Utvikling i løpet av regnprøvinga:



Før



2 timar



26 timar



Norges byggforskningsinstitutt's forskningsprogram Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner, retter søke-lyset mot klimatilpasning av bygninger og bygningskonstruksjoner under strengere ytre klimabelastninger. Programmet vil pågå frem til utgangen av år 2005 og består av 14 ulike prosjekter. Programmets hovedmål er å utvikle og oppdatere løsninger for konstruksjoner som både gir økt bestandighet mot og økt pålitelighet ved klimapåkjenninger fra nedbør, vind, solstråling og temperatur. Hensikten er å definere klarere kriterier og anvisninger for prosjektering og utførelse av kritiske konstruksjonsdetaljer, hovedsakelig knyttet til bygningers ytre klimaskjerm.