

Sverre Holøs, Geir Hungnes, Svein Erik
Torgersen

Kvalitetssikring av boligrom under terreng



BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Sverre Holøs, Geir Hungnes, Svein Erik
Torgersen

Kvalitetssikring av boligrom under terreng

Prosjektrapport 201 – 1996

Prosjektrapport 201
Sverre Holøs, Geir Hungnes, Svein Erik Torgersen
Kvalitetssikring av boligrom under terreng

Emneord: muggsopp, isolering, kjellerkonstruksjon

ISSN 0801-6461
ISBN 82-536-0526-9
100 eks. trykt av
S.E. Thoresen as
Cyclus resirkulert papir
Omslag 200 g, innmat 100 g

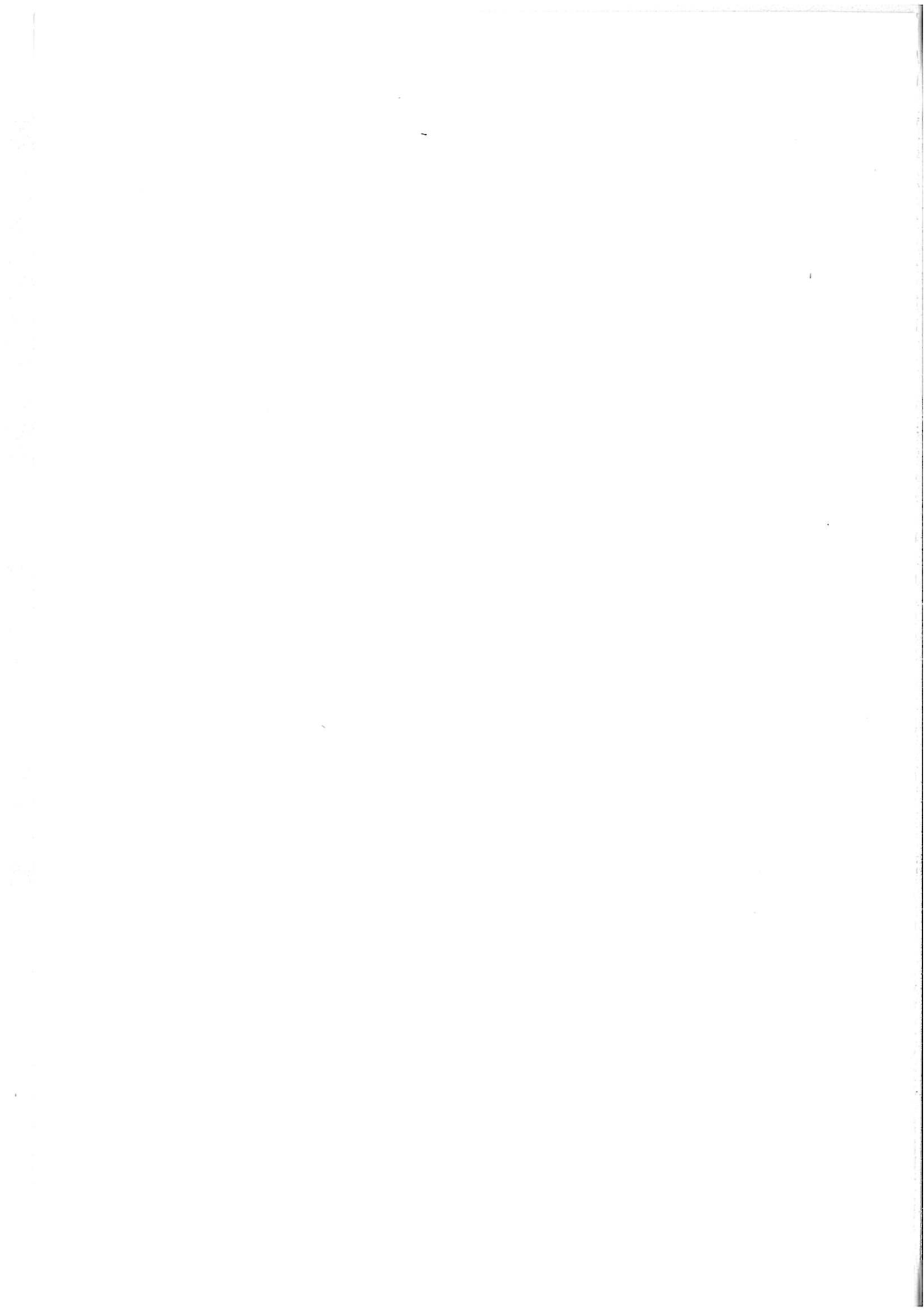
Foto, omslag: Mycoteam

© Norges byggforskningsinstitutt 1996

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 00
Fax: 22 69 94 38 og 22 96 55 42

INNHold

1 MÅLSETNING	2
2 INNLEDNING	3
2.1 Helseeffekter	3
3 MATERIALE OG METODER	4
3.1 Muggtest - litteraturstudie	4
3.2 Muggtest - metodeutprøving	4
3.3 Muggtest	4
3.4 Fukt i yttervegger mot terreng	5
3.5 Fukt-og varmestromsberegninger	5
3.6 Måling av fukt og temperatur i felt	7
4 RESULTATER	9
4.1 Muggtest - metodestudie	9
4.2 Muggtest	9
4.3 Fukt-og varmestromsberegningereregninger	10
4.4 Måling i felt	12
5 DISKUSJON	15
5.1 Metodevalg	15
5.2 Helserisiko	15
5.3 Sikkerhetsnivå	15
5.4 Vurderingskriterier for fuktnivå i vegger mot terreng	15
5.5 Anbefalinger	16
6 KONKLUSJON	18
7 REFERANSER	20
VEDLEGG 2.2 HELSEEFFEKTER AV MUGGSOPP I INNEMILJØ	21
A.1 Muggsopp	21
VEDLEGG 3.1 TESTING AV MUGGRESISTENS HOS MATERIALER.	
LITTERATURSTUDIE	26
A.1 Innledning	26
A.2 Litteraturstudier	26
A.3 Generelt	26
A.4 Provestørrelse	27
A.5 Forbehandling	28
A.6 Innsmitting	28
A.7 Artsutvalg	29
A.8 Referanser	36
VEDLEGG 3.2 METODEUTPRØVING	38
A.1 Materiale og metoder	38
A.2 Resultater	39
A.3 Diskusjon	40
A.4 Konklusjoner	41
VEDLEGG 3.51 B Beregningsprogram for varmetransport	45
VEDLEGG 4.2 Resultater av evaluering av materialer	47
VEDLEGG 4.3 Fukt- og varmestrom. Resultat fra de enkelte beregninger	48



FORORD

Prosjektet "Kvalitetssikring av boligrom under terreng" ble satt igang av Mycoteam as på bakgrunn av feltobservasjoner av muggvekst i yttervegger under terreng, og etter gjennomføringen av forprosjektet "Innredet boligrom under terreng". Soppundersøkelsene er utført av Sverre Holøs og Geir Hungnes i Mycoteam, mens temperatur- og fuktberegningene er utført av Svein Erik Torgersen ved Norges Byggforskningsinstitutt (Byggforsk). Prosjektet har vært finansiert av Norges Forskningsråd (Program for Forsøksbygging), Block Watne, Glava, Isola, Norgips, Norsk Leca, Rockwool og UNI Storebrand.

Det ble opprettet en faglig referansegruppe bestående av materialprodusenter, boligbyggere, forsikring og forskning. Gruppen bestod av Svein Gloslie (Block Watne), Svein Elvenes (Rockwool), Per Ødegaard (Glava), Richard Waterhouse (Isola), Oddvar Hyrve (Norsk Leca), Vidar Olsen (Norgips), Trond Grefsrud (UNI Storebrand), Svein Erik Torgersen (Byggforsk), Sverre Holøs (Mycoteam) og Geir Hungnes (Mycoteam). Forfatterne takker de øvrige deltagerne i gruppen for rettleiding underveis. Takk også til Sivert Uvsløkk, Norges Byggforskningsinstitutt og Kolbjørn Mohn Jenssen, Mycoteam for nyttige kommentarer til rapporten.

Oslo, juli 1996.

SAMMENDRAG

Ved bygging av boligrom under bakkenivå bør omlag en tredel av isolasjonen plasseres på utsiden av bæreveggen. Derved oppnås et fuktnivå som gir lav risiko for vekst av mikroorganismer, og man unngår risiko for helseskade hos beboerne på grunn av slik vekst. I prosjektet er det vist at det kan oppstå muggvekst på mange typer isolasjonsmaterialer ved en relativ fuktighet på 97%, mens muggvekst kan oppstå på treverk ved 84% RF. Det er gitt anbefalinger for hvordan tilfredsstillende fuktnivåer kan oppnås med bærevegger i betong og lettklinkerbetong, også for å tilfredsstille krav til økt isolasjonsevne i nye byggeforskrifter.

1 MÅLSETNING

Prosjektet har hatt som målsetning å dokumentere hvordan man kan oppnå *helse- og bygningsmessig trygg bruk av boligrom under bakkenivå*.

Herunder har vi hatt to delmål

- ① Forbedre/utvikle dagens konstruksjonsløsninger på varmeisolerte veggkonstruksjoner under bakkenivå, slik at man oppnår gode og robuste tekniske løsninger med større sikkerhetsmarginer mot vekst av mugg-/råtesopp. Dagens byggeanvisninger (byggdetaljblad) har en del svakheter med henblikk på bl.a. muggskader, fordi fukt i varmeisolerte vegger under bakken ikke får muligheten til å tørke. Det må derfor utarbeides bedre byggeanbefalinger med detaljløsninger som gir en større sikkerhetsmargin mot utvikling av muggskader/biologisk aktivitet.
- ② Utvikle effektive og rimelige saneringsmetoder for mugg-/råtesopp/bakterieangrep i bestående konstruksjoner under terreng, da det er å forvente at mange hus har omfattende skader i de isolerte veggene under bakkenivå. Det må utvikles metodikk og skadekriterier for bedømmelse av saneringsbehov.

2 INNLEDNING

Tradisjonelt har det vært utstrakt bygging av grunnmurer på selvbyggerbasis i Norge fra 50-årene og frem til i dag. Dette er hovedsakelig murte vegger av 250 mm lettklinkerblokker, som også tilfredsstillt dagens krav til varmeisolering i vanlige kjellere.

Parallelt har det foregått en omfattende utbygging av boligfelter i regi av profesjonelle utbyggere. Grunnmurene er stort sett støpt i betong, basert på bruk av rasjonelle forskalingssystemer. Bortsett fra noe bruk av treullsementplater og lettbetong som innvendig isolering i begynnelsen, ble innvendig isolering med bindingsverk av tre snart dominerende som isolasjon på innsiden av betonggrunnmurer.

Fra 70-årene ble boligbyggingen lagt til områder som ikke egnet seg for jordbruksformål, dvs områder i skrått terreng og til dels på fjellgrunn. Etterhvert ble det utviklet hustyper med sokkeletasje for skrått terreng, med fullverdige boligrom også under terrengnivå. Yttervegger mot terreng i slike rom blir vanligvis isolert med 100-150 mm mineralull på innsiden. Fra 80-årene ble det også tatt i bruk forskjellige grunnmurssystemer, bl. annet Multi/Element på innsiden av betonggrunnmur (sprøytet eller støpt), og EW-elementer av betongplate med faststøpte, trykkimpregnerte trestendere. I følge Statistisk Sentralbyrå - Byggearealstatistikk (GAB) - har ca 35-40 % av alle nybygde hus innredet kjeller-/sokkeletasjer med isolerte vegger under bakkenivå.

Innredning av oppvarmede rom i kjellere i eksisterende boliger er også utført i stort omfang, med isolert bindingsverk på innsiden av grunnmuren. Eksempler på slike rom er kjellerstuer, hobbyrom, dusjrom, badstuer.

Gjennom forprosjektet "*Biologiske bygningsskader og inneklimateproblemer i innredete boligrom under terreng*" har vi registrert et omfattende potensiale for skade idet et stort antall innredete kjellerrom har en høy risiko for fukt-, mugg- og råtesopp-skader. Skadene er kostbare å utbedre.

Innvendig isolasjon betyr at det kan bli høy relativ fuktighet i veggen, spesielt i sonen mellom isolasjonen og bæreveggen. Det har vært usikkerhet omkring hvordan slike vegger bør bygges opp, veggens fuktbalanse og risikoen for muggdannelse på treverk og isolasjonsmaterialer.

I dette prosjektet har vi undersøkt fukt- og temperaturbetingelser for muggvekst på treverk og aktuelle isolasjonsmaterialer som inngår i kjellervegger. Vi har også studert fukt- og temperaturnivåer en del forskjellige kjellerveggskonstruksjoner ved fuktregninger og målinger i felten. Etter en samlet vurdering av dette har vi kommet med våre anbefalinger for oppbyggingen av slike konstruksjoner.

2.1 Helseeffekter

Oppmerksomheten om sammenhengen mellom innemiljø og helse har økt gjennom de seneste år. Undersøkelser viser at det er en klar sammenheng mellom fuktige boliger og ulike helseproblemer. Vekst av muggsopp antas å være en viktig årsak til disse problemene, men det er betydelige mangler i kunnskapen om mekanismer og dose/respons - sammenhenger. En oppsummering av kunnskap om området ble gjort i forbindelse med forprosjektet, og er gitt i vedlegg 2.1. På grunn av disse manglene i kunnskap, synes det idag å være enighet om at den mest fornuftige anbefaling er at muggsopper og andre mikroorganismer ikke bør gis anledning til å formere seg innendørs (Helsedirektoratet, 1990, 1991, Samson & al. 1994)

3 MATERIALE OG METODER

3.1 Muggtest - litteraturstudie

Det ble gjennomført en litteraturstudie for å summere opp ulike testmetoder for muggvekst på materialer. Rapporten fra denne er gitt i vedlegg 3.1. Undersøkelsen viste at det har vært brukt en lang rekke testmetoder, men at ingen av metodene egnert seg spesielt godt til de undersøkelsene man ønsket uten tillempling. De videre undersøkelsene ble basert på en modifisering av British Standard 3900 G6.

3.2 Muggtest - metodeutprøving

Basert på litteraturstudien ble det så gjennomført en metodeundersøkelse av ulike materialer. Gipsplate, grunnmurspapp, plastfolie og glassull inngikk som forsøksmateriale. Materialene ble testet ved 5°C, 14°C og 23°C ved 75%, 85% og ca 100% relativ fuktighet, samt i nær 100% fuktighet med kondensasjon 2 ganger i døgnet. Rapport fra denne undersøkelsen er gitt i vedlegg 3.2.

3.3 Muggtest

Etter resultatene i metodestudien, og fra fuktberegningene, ble det besluttet å gjennomføre en test av de materialene man anså å være mest aktuelle i overgangssonen mellom den bærende delen av vegg og isolasjon.

3.3.1 Provetillaging

Prøver av størrelse 50x75 mm ble skåret til, og det ble laget et 10 mm hull i prøven 20 mm fra midtpunktet av den ene kortsiden. Nedre høyre hjørne ble merket ved hjelp av merkepen, evt. med korrekturlakk som underlag. De ulike materialene er beskrevet i tabell 3.3.1

Tabell 3.3.1 Materialer som ble testet i forsøket

Kode	Materialbetegnelse	Beskrivelse
B	Betong	Optiroc C25 Sementmørtel, støpt ut mot vannfast finér. Herdet og karbonatisert i 6 uker.
E	Ekstrudert polystyren	BASF Styrodur
F	Treverk	Furu yteved, høvlet 50x10 mm.
G	Glassull	Glava 5 cm.
I	Ekspandert polystyren	Jacon...
R	Steinull	Rockwool
U	Polyuretan (m/ støpehud)	Leca isoblokk (skåret ut av isolasjonslag), utvendig overflate med støpehud valgt som testflate.
U	Polyuretan (skåret)	Leca isoblokk (skåret ut av isolasjonslag)

3.3.2 Prøvebehandling

Prøvene ble oppbevart i tre uker ved 75 % RF, 23°C i 3 uker for innsmitting. Sporer fra soppkulturer som var dyrket på maltagar i 14 dager ble suspendert i vann tilsatt 0.02% Tween-80, og filtrert gjennom filterpapir. Suspensjonenes tetthet ble justert til 2×10^5 (+ - 20%) sporer pr ml, og 10 ml suspensjon fra hver art ble blandet. Blandingen ble påført den merkede siden av prøvene med kromatografispray, ca 200 mg sporesuspensjon pr prøve.

3.3.3 Inkubering.

Prøvene ble tredd inn på glasstaver i tilfeldig rekkefølge, og hengt på plass 3 cm fra toppen i plastbokser av størrelse 22 x 30 x 12 cm. I bunnen av hvert kar ble det fylt mettet løsning av KCl eller K_2SO_4 i vann slik at dybden av væsken ble omlag 2 cm. Karene ble plassert i Termaks kjøleinkubator ved 14°C. I karene med KCl viste kontrollmålinger at relativ fuktighet i karene med KCl var 84.7 % og i karene med K_2SO_4 var den 97.3 %. Relativ fuktighet over disse saltløsningene er i litteraturen angitt til 86% og 97%.

3.3.4 Evaluering

Prover for mikroskopi-analyse ble tatt ved hjelp av glassklar tape (Cellux) som så ble lagt over på objektglass med acid fuchsin (Holos & Mattsson, 1994). I tillegg ble prøvene undersøkt visuelt og ved hjelp av stereolupe (32X-50X). Følgende skala er benyttet

Tabell 3.3.4 Skala for evaluering av soppvekst på prøvebitene.

Grad	Beskrivelse
0	Ingen sporedannelse, ingen eller neglisjerbar hyfevekst.
1	Vekst og sporedannelse, ikke synlig uten lupe / mikroskop
2	Synlig vekst, 1-10 % av prøveoverflaten er dekket av sopp
3	10-30 % av prøveoverflaten er dekket av sopp
4	30-70% av prøveoverflaten er dekket av sopp
5	mer enn 70 % av prøveoverflaten er dekket av sopp

3.4 Fukt i yttervegger mot terreng

En del fuktskader i kjellervegger er tradisjonelle skader som skyldes fuktinntrengning på grunn av feil og mangler ved utvendig fuktsikring og drenering. Slike skader behandles ikke i dette prosjektet.

En annen type skader av større omfang som er oppdaget og utredet i det siste, er lekkasje av fuktig luft fra grunnen som trekker gjennom det isolerte bindingsverket og kondenserer på betongoverflaten. Både isolasjon og treverk blir etterhvert fuktskadet. De husene som ble valg ut til feltmålingene har delvis hatt slike skader. Skadetyper behandles ikke spesielt i dette prosjektet.

3.5 Fukt-og varmestrømsberegninger

3.5.1 Beregningsmetode

Varme-og fuktforholdene i kjelleryttervegger mot grunnen er svært kompliserte, og dermed også vanskelige å beregne. Problemet er tredimensjonalt og tidsavhengig. Det er en rekke material-

parametre som inngår og randbetingelser som må fastlegges. Fuktregninger alene er isolert sett usikre. Det er derfor nødvendig å vurdere slike beregninger mot fuktmålinger i konstruksjoner.

Vi har benyttet et endimensjonalt beregningsprogram for tidsavhengig fukt-og varmetransport, Match, og et to-dimensjonalt beregningsprogram for tidsavhengig varmetransport, Heat2. Beregningsprogrammene er nærmere beskrevet i vedlegg 3.51 a og b.

Endimensjonale beregninger gjennom forskjellige veggkonstruksjoner er gjort med programmet Match. Over terrengnivå er det benyttet utetemperaturvariasjon over året for Oslo. Under terrengnivå er temperaturvariasjonen over året i grunnen på utsiden av vegger med forskjellige U-verdier beregnet med Heat2 i forskjellige dybder. Disse temperaturene er benyttet ved beregning av veggene under terrengnivå med Match. Beregninger er hovedsakelig gjort i 2m dybde under terreng. Inne er det regnet med klima som er vanlig ved kondensberegninger i normalt ventilerte boliger, dvs. temperaturer 20-23 grader og fukttilskudd 2-3 g pr.m³ luft (høyest temperatur og lavest fuktproduksjon i sommerhalvåret).

Hensikten med prosjektet er å undersøke fuktbalansen i forskjellige veggkonstruksjoner. Det er forutsatt vegger der drenering og utvendig fuktsikring fungerer, og at veggen ikke er direkte utsatt for fritt vann i grunnen. De beregnede veggene har derfor grunnmurplater av plast på utsiden under terrengnivå. Dette er en svært vanlig og anbefalt løsning i Norge for å unngå oppfuktning av, og fuktinnslag gjennom vegger. Fuktighet i grunnen er satt til 100 % RF.

Det er forutsatt at betongvegger etter herdingen har en fuktighet på 100 % RF. Det regnes at veggen tørker tosidig i en uke før tilbakefylling, og deretter ensidig i to måneder før den isoleres og lukkes. Fuktigheten ved dette tidspunktet er beregnet til 96 % RF, som brukes som startfukt ved beregningene.

3.5.2 Valg av konstruksjoner

Utvendig isolering er fuktteknisk det ideelle for vegger av betong og mur mot terreng. I prosjektet har vi hovedsakelig vurdert innvendig isolerte vegger av mur og betong, fordi slike veggkonstruksjoner har vært helt dominerende til nå. Med isolasjonen på innsiden, blir det kaldt på veggen bak isolasjonen og dermed høy relativ fuktighet. Spørsmålet er om den relative fuktigheten kan bli så høy at det blir kondens på veggen (100%RF) eller så høy at det er risiko for muggdannelse på treverk og isolasjonsmaterialer. Hva disse materialene tåler, er forøvrig spesielt undersøkt i dette prosjektet.

Vi har tatt utgangspunkt i "dagens" vegger med innvendig isolasjon og U-verdi 0,30 W/m², som er byggeforskriftens krav. Vi har også sett på tilsvarende vegger med U-verdi 0,22 W/m², som blir kravet når forskriftene nå skal revideres, for å se om den økede isolasjonsmengden gir høyere relativ fuktighet og dermed større risiko for skader.

Vi har videre sett på om forholdsvis enkle konstruktive endringer kan senke den relative fuktigheten i konstruksjonene. Spesielt har vi flyttet en del av veggisolasjonen til utvendig side på den delen av veggen som er under terrengnivå, og også undersøkt konstruksjoner med og uten plastfolie på innsiden. En oversikt over valgte konstruksjoner med beregningsresultater er vist i pkt.4.4.

3.6 Måling av fukt og temperatur i felt

3.6.1 Veggtyper

Det var spesielt av interesse å måle i en innvendig isolert vegg i sammenligning med en vegg som i tillegg hadde noe isolasjon på utsiden under terrengnivå.

Disse to hovedtypene ville vi undersøke både med og uten plastfolie på innsiden.

Hus 1:

Huset med betongkjellervegg og innvendig isolering ligger i et større boligfelt i Akershus fylke. De fleste husene i feltet som har kjeller, har problemer med fukt og muggdannelse i det innvendige bindingsverket. Veggen har plastfolie på innsiden. Husene står på sprengsteinsfylling og har ikke drenering. Det er ikke brukt grunnmurplater utvendig og det er fylt tilbake med spengstein, innblandet dårlig drenerende løsmasser. Det har vært antatt at dette er årsaken til fuktproblemene. NBI har ikke hatt i oppdrag å utrede årsaksforholdene, men har fått lov til å foreta målinger i et hus.

Huset har boligrom og boder i underetasjen(kjelleren). Målefeltet vårt er i en bod der veggen ble åpnet ved at en innvendig gipsplate ble tatt av. Platen er 1,2 m bred og dekker over to veggfelt, som er avgrenset av trestendere med 0,6 m avstand. Trestenderne er 73 mm og er trukket 27 mm ut fra betongveggen med 100 mm glassullisolasjon mellom stenderne.

For å avgrense de to veggfeltene innbyrdes og fra resten av veggen, ble det tettet med polyuretanskum mellom treverket (stendere, bunnsvill og toppsvill) og betongveggen. På det ene veggfeltet ble plastfolien fjernet, mens det andre feltet fikk beholde plastfolien. Innvendig gipsplate ble deretter satt på plass.

Hus 2a og 2b:

Husene har betongkjellervegg, med både innvendig og utvendig isolering. Husene ligger i et lite boligfelt i Drammen kommune. Alle de husene i feltet som har kjeller, har problemer med fukt og muggdannelse i det innvendige bindingsverket. Veggen har plastfolie på innsiden. Husene står jordtomt på en 0,4 m tykk pukkfylling. Det er ikke brukt grunnmurplater utvendig, men montert 50 mm trykkløse plater av steinull på veggen under terreng. NBI har hatt i oppdrag å utrede årsaksforholdene, og har funnet at årsaken til fukten i bindingsverket er lekkasje av fuktig luft fra grunnen (pukkfyllingen) gjennom sprekker i stopeskjoten mellom betonggolv og betongvegg (svinn i betonggolvet). Målingene i forbindelse med dette prosjektet har bekreftet årsaksforholdene.

Hus 2a har boligrom og boder i underetasjen(kjelleren). Målefeltet vårt er i en bod der veggen ble åpnet ved at en innvendig gipsplate ble tatt av. Platen er 1,2 m bred, og dekker over to veggfelt, som er avgrenset av trestendere med 0,6 m avstand. Trestenderne er 65 mm og er trukket 30 mm ut fra betongveggen med 100 mm glassullisolasjon mellom stenderne.

For å avgrense de to veggfeltene innbyrdes og fra resten av veggen, ble det tettet med polyuretanskum mellom treverket (stendere, bunnsvill og toppsvill) og betongveggen. På det ene veggfeltet ble plastfolien fjernet, mens det andre feltet fikk beholde plastfolien. Innvendig gipsplate ble deretter satt på plass.

Hus 2b er som hus 2 a, men er utbedret etter fuktskadene. Utbedringen besto i følgende: Veggene ble åpnet. Våt isolasjonen og et lag våt, muggangrepet forhudningspapp på betongveggen ble fjernet og betongveggene fikk tørke noen uker. Det ble tettet mot luftlekkasjer fra grunnen med polyuretanskum i overgang betongvegg/betonggolv (mellom betongveggen og bindingsverkets bunnsvill). Det ble satt inn ny isolasjon i bindingsverket, og ny gipsplatekledning mot rommet. Plastfolie ble ikke brukt i den nye veggen. I baderommet ble det i tillegg satt opp en vanntett kledning på innsiden av ytterveggene, utlektet med 15 mm mellomrom, med luftspalt nede ved gulv og oppe ved tak.

Målefeltet vårt er i en bod. Ved en befaring ble også den utlektede veggen i baderommet undersøkt og målt.

3.6.2 Måleprosedyrer

Opplegget var å foreta befaringer og målinger av de utvalgte veggene på forskjellige årstider.

Veggfeltene ble åpnet ved befaringene. Relativ fuktighet og temperatur mellom innvendig mineralullisolasjon og betongvegg ble målt. Det ble brukt en Rotronic måler som ble skjovet forsiktig inn bak isolasjonen. Avlesning ble foretatt når instrumentet signaliserte likevekt, dvs. etter ca et kvarter. Det ble målt nederst ved bunnsvillen, til dels også høyere oppe og over terrengnivå.

Isolasjonen ble deretter tatt ut og veggoverflaten ble inspisert med hensyn til synlig fukt. Deretter ble fuktigheten i bunnsviller og stendere målt med Protimeter mini III.

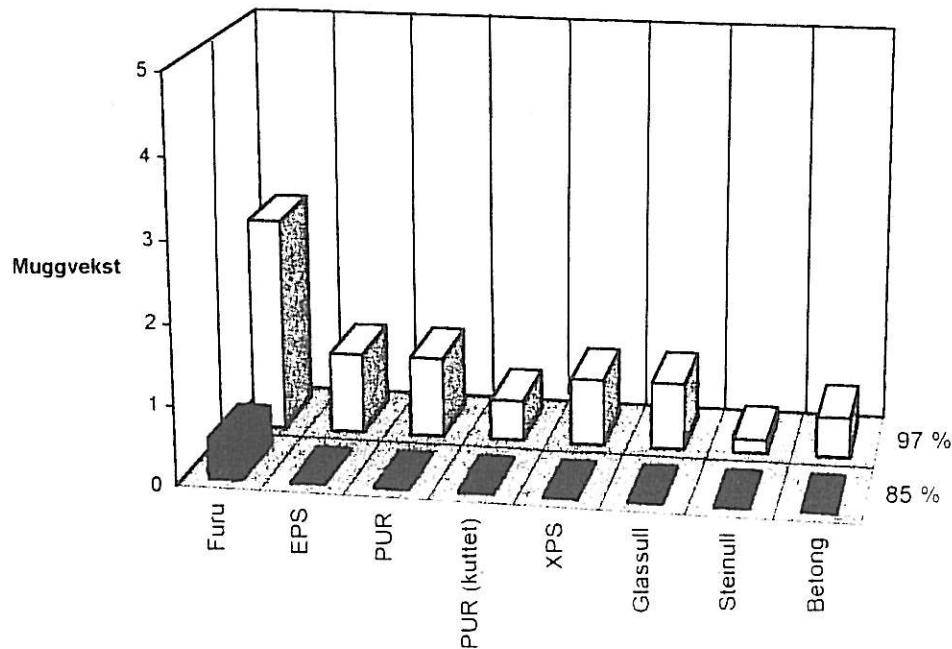
4 RESULTATER

4.1 Muggtest - metodestudie

Resultatene fra metodestudien er gitt i vedlegg 3.2. På grunnlag av resultatene fra metodestudien ble endel prosedyrer forandret i selve muggtesten, kfr. avsnitt 3.3.

4.2 Muggtest

Av materialene i testen var det bare trematerialer ved 97% RF som var tydelig "mugne". På de øvrige materialer ved 97% RF var det noe vekst av mugg som var synlig med stereolupe (32-50x forstørrelse) eller mikroskop (400X forstørrelse). Ved 85 % RF ble det kun registrert muggvekst på trematerialene. Resultatene er oppsummert i figur 4.2 Fullstendige resultater for undersøkelsene er gitt i vedlegg 4.2.



Figur 4.2 Vurdering etter 8 uker; gjennomsnitt for alle prøver

4.3 Fukt-og varmestrømsberegninger

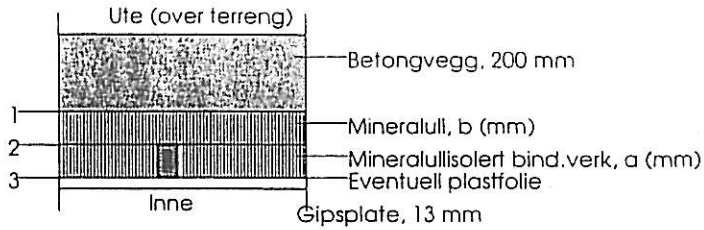
De utvalgte veggkonstruksjonene er vist i figur 4.3. Beregningsresultater er vist i tabell 4.3 på neste side. Tabellen angir bare ytterverdiene for årsvariasjoner i relativ fuktighet og temperatur i snittene 1 og 2 i konstruksjonene (se fig 4.3). Tabellen angir sidehenvisning til vedlegg 4.3 for de enkelte konstruksjonene, der kurver for årsvariasjonen i snittene 1, 2 og 3 er vist.

Tabell 4.3 Beregningsresultater.

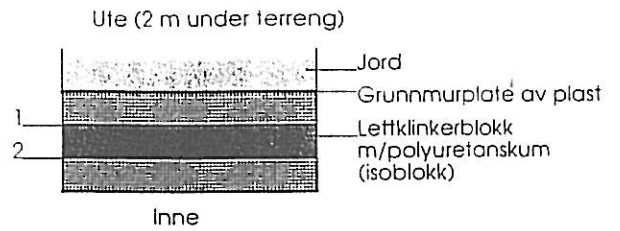
Konstruksjon	Beregn type	Isolasjon (mm)			Plastfolie	U-verdi	RF ved snitt		Temp ved snitt	Fig. nr. i vedl. 4.3
		a (innv)	b (innv)	c (utv.)			1	2		
1	R.F	65	30	0	ja	0,3	71-82	64-48		1*
1	R.F	65	30	0	nei	0,3	77-88	70-56		2*
1	Temp	65	30	0	nei	0,3			+4-17	3*
1	R.F	73	50	0	ja	0,3	70-82	62-40		4
1	R.F	73	50	0	nei	0,3	73-90	68-49		5
1	Temp	73	50	0	nei	0,3			+4-17	6
1	R.F	73	125	0	ja	0,22	71-83	58-30		7
1	R.F	73	125	0	nei	0,22	73-87	63-38		8
1	Temp	73	125	0	nei	0,22			+4-17	9
2	R.F	50	0	0	nei	0,8	75-82	78-65		10
2	R.F	73	27	0	nei	0,40	85-90	74-58		11*
2	R.F	73	50	0	ja	0,3	95	78-68		12*
2	R.F	73	50	0	nei	0,3	85-95	78-65		13
2	Temp	73	50	0	nei	0,3			8-14	14
2	R.F	73	125	0	ja	0,22	95	65-50		15
2	R.F	73	125	0	nei	0,22	95-98	68-50		16
2	Temp	73	125	0	nei	0,22			6-12	17
2	R.F	73	0	50	ja	0,3	85-88	85-88		18
2	R.F	73	0	50	nei	0,3	75-80	75-80		19
2	R.F	65	30	50	ja	0,3	91	83-78		20
2	R.F	65	30	50	nei	0,3	73-82	73-60		21
2	Temp	65	30	50	nei	0,3			12-16	22
2	R.F	73	75	50	ja	0,22	94-95	75-66		23
2	R.F	73	75	50	nei	0,22	87-92	73-58		24
2	Temp	73	75	50	nei	0,22			9-15	25
2	R.F	73	50	75	ja	0,22	93-95	82-74		26
2	R.F	73	50	75	nei	0,22	72-85	75-58		27
2	R.F	73	50(EPS)	75	nei	0,22	87-95	80-50		28
2	Temp	73	50	75	nei	0,22			12-16	29
3	R.F	Rehab	50	0	nei	0,3	93-95	-		30
4	R.F	Isobl.	0	0	nei	0,3	85-90	-		31
4	Temp	Isobl.	0	0	nei	0,3			11-16	32
5	R.F	Lettkl.	100	0	ja	0,3	84-87	79.72		33
5	R.F	Lettkl.	100	0	nei	0,3	68-85	78-60		34
5	Temp	Lettkl.	100	0	nei	0,3			12-16	35
5	R.F	Lettkl.	143	0	ja	0,22	87-90	70-60		36
5	R.F	Lettkl.	143	0	nei	0,22	80-92	70-65		37
5	Temp	Lettkl.	143	0	nei	0,22			8-14	38
6	R.F	Lettkl.	0	Løs lettkl.	nei	0,3	50-70	-		39
6	Temp	Lettkl.	0	Løs lettkl.	nei	0,3			17-20	40
7	R.F	50	0	Løs lettkl.	nei	0,3	50-70	50-70		41
7	Temp	50	0	Løs lettkl.	nei	0,3			16-19	42

Fig. 4.3 Utvalgte veggkonstruksjoner.

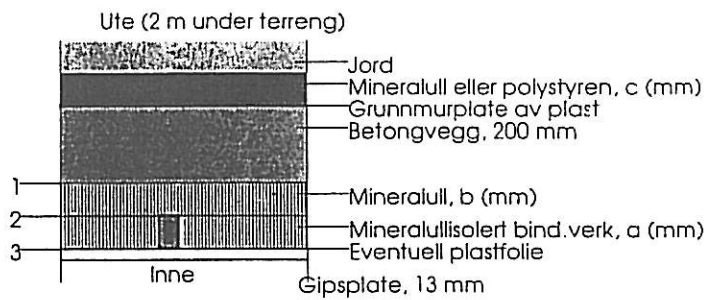
Konstruksjon 1



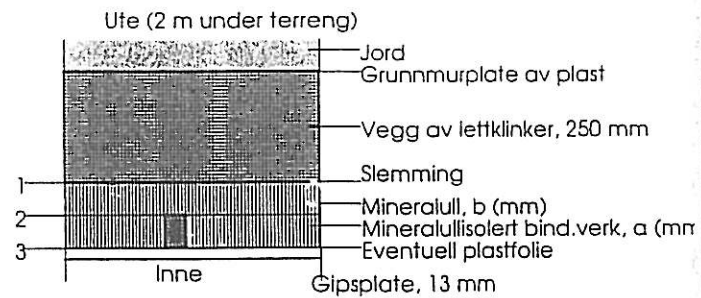
Konstruksjon 4



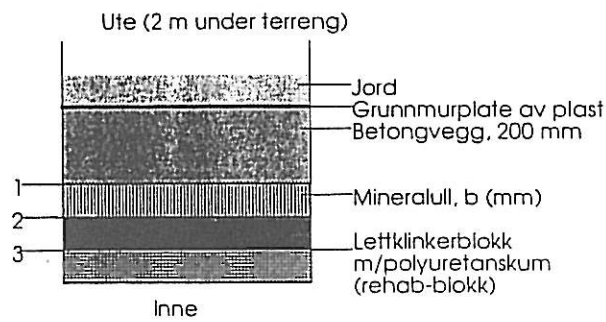
Konstruksjon 2



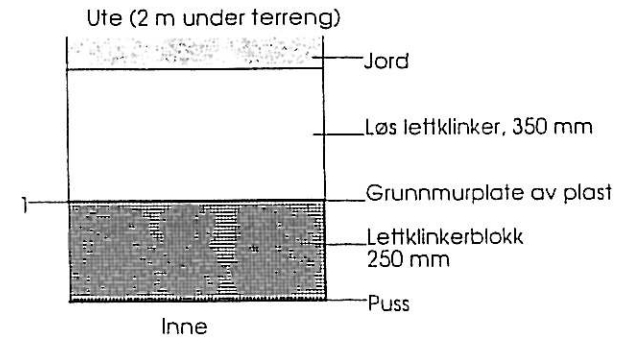
Konstruksjon 5



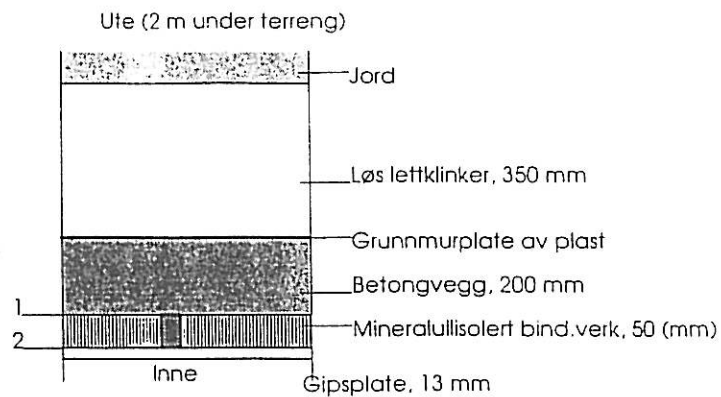
Konstruksjon 3



Konstruksjon 6



Konstruksjon 7



4.4 Måling i felt

Resultatene fra befaringer og målinger av veggkonstruksjoner i felt fremgår nedenfor.

Hus 1:

(Akershus fylke, innvendig isolert betongvegg)

Ved befaringen 27.4 var opprinnelig vegg med fuktskadet (fuktig ved berøring). Etter registrering og måling ble målefelter med og uten plastfolie anordnet.

Sted	Relativ fuktighet (%)	Temperatur °C			Fukt i treverk Vekt %		
		9/12	27/4	1/6	9/12	27/4	1/6
Ute		8,5	15,5				
Inne	56	18,1	19,2	14,4			
Veggfelt med plastfolie, mellom isolering og betongvegg							
- midten (1,5 m over gulv)	98	14,5	15,5	7,6			
- nederst	99	13,2	14,6	8,7			
Bunnsvill:							
- forkant mot rommet					17	17	17
- overkant, nærmest betong					20	20	24
Veggfelt uten plastfolie							
Mellom isolering og betongvegg:							
- øverst (mot terreng)	91			6,8			
- midten (1,5 m over gulv)	93			7,9			
- nederst	91			9,7			
Bunnsvill:							
- forkant mot rommet					19	15	15
- overkant, nærmest betong					23	17-20	20

Kommentarer:

27.04.94

I begge veggfelt (med plastfolie) var betongveggen synlig fuktig (mørk grå) opp til terrengnivå (ca. 1,8 m) og "tørr" (lys grå) videre opp. Berøring av fuktig betongvegg og isolasjonsbakside ga vann på fingrene.

01.06.94

I veggfelt med plastfolie var betongveggen synlig fuktig (mørk grå) opp til ca. 1 m over gulvet, og "tørr" (lys grå) videre opp. Berøring av fuktig betongvegg og isolasjonsbakside ga vann på fingrene.

I veggfelt uten plastfolie var betongveggen synlig fuktig (mørk grå) opp til ca. 0,2 m over gulvet, og "tørr" (lys grå) videre opp. Berøring av fuktig betongvegg og isolasjonsbakside ga vann på fingrene, men i mindre grad enn i plastfoliefeltet

09.12.94

I veggfelt med plastfolie var betongveggen synlig fuktig (mørk grå) opp til ca. 30 cm over gulvet, og "tørr" (lys grå) videre opp. Berøring av fuktig betongvegg og isolasjonsbakside ga vann på fingrene.

I veggfelt uten plastfolie var hele veggen "tørr" (lys grå). Berøring av betong/isolasjon ga ikke vann på fingrene.

Hus 2a og b:

(Drammen kommune, vegger isolert på innside samt drensplate på utsiden).

Sted	Relativ fuktighet (RF) %			Temperatur °C			Fukt i treverk Vekt %		
	16/3	16/11	25/8	16/3	16/11	25/8	16/3	16/11	25/8
Hus 2a, bod									
Inne	65	35	52	22,4	21,3	23			
Veggfelt med plastfolie									
Mellom isolering og betongvegg:									
- øverst, over terreng	74	69	72	4,6	5,1	18,9			
- 0,7 m over gulv (nabobod)		90	88		11,0	19,4			
- nederst	85	87	87	7,8	11,9	17,9			
Bunnsvill: overkant, innerst							11	14	14
Stender, innerst							21	21	17
Veggfelt uten plastfolie, mellom isolering og betongvegg									
- øverst (over terreng)			62			18,7			
- nederst, ved bunnsvill	69	71	72	9,2	12,5	17,7			
Bunnsvill: overkant, nærmest betong								16	17
Stender (gml) innerst								13	14
Hus 2b, bod									
Inne		33			21,3				
Veggfelt uten plastfolie, mellom isolering og betongvegg									
- øverst, over terreng			64			18,0			
- nederst, ved bunnsvill			69			18,6			
Bunnsvill, overkant, innerst									11
Stender, innerst									9

Sted	Relativ fuktighet (RF) %			Temperatur °C			Fukt i treverk Vekt %		
	16/3	16/11	25/8	16/3	16/11	25/8	16/3	16/11	25/8
Hus 2b, badrom									
Veggfelt (uten plastfolie), mellom isolering og betongvegg:									
- øverst (over terreng)			64			18,2			
- nederst (ved bunnsvill)			74			18,4			
Bunnsvill, overkant, innerst									13
Stender, innerst									6

Iakttagelser vedrørende synlig fukt og kondens:

Veggfeltene ble åpnet. Ingen synlig fukt noe sted ved de tre befaringene. Alle betongflater lyse grå med tørt utseende. Noe lukt av gammelt fuktskadet treverk som ikke er skiftet (hus 2 a).

5 DISKUSJON

5.1 Metodevalg

En del forhold ved metodevalg er diskutert i delrapporten for de innledende forsøkene (vedlegg 2). Vi har sett det som viktig at testen utføres med en viss realisme i temperaturforhold og med hensyn til organismer som det smittes inn med. Det var forøvrig relativt liten forskjell i muggbegroing med de to ulike innsmittingene.

5.2 Helserisiko

Idag finnes det ikke tilstrekkelig kunnskap til å angi noe "sikkert nivå" for mikroorganismer i inneluft. På dette grunnlaget synes det som det er enighet om at man bør ta sikte på å unngå vekst av mikroorganismer innendørs. Følgelig har vi tolket resultatene fra muggtesten slik at vi kun anbefaler materialer brukt under de forhold der det ikke ble utviklet muggkolonier.

Med bakgrunn i kjente og antatte virkningsmekanismer synes det klart at faren for helseeffekter er mindre når det angrepne sted:

- er luftett adskilt fra oppholdssonen
- har liten luftsirkulasjon
- har undertrykk i forhold til oppholdssonen
- støter til rom med lav oppholdsfrekvens

Ut fra dette mener vi man kan se bort fra effekter av mikrobiologisk vekst på utsiden av betongvegger etc.

5.3 Sikkerhetsnivå

Slik testen er lagt opp, er det et relativt stort sprang mellom det nivået der det ble registrert vekst (97% RF), og det nivået som ble regnet som sikkert for alle isolasjonsmaterialene (85%). Det er sannsynlig at enkelte av isolasjonsmaterialene vil kunne tåle mer enn 85 % RF før muggvekst oppstår, og derfor er det relativt strengt å velge denne grensen som et kriterium for konstruksjonen. Inntil mere detaljerte studier eventuelt utføres for de enkelte materialer, vil dette "spranget" mellom fastsatt og reelt sikkert nivå tjene som en ekstra sikkerhetsmargin. Vil vil igjen påpeke at det ikke er tatt hensyn til eventuelle byggskader og feil i fuktberegningene, og at hyppigheten av disse også er et argument for at det bør legges inn en forsvarlig sikkerhetsmargin.

Tidligere undersøkelser (Hallenberg & Gilert, 1987, 1988) viser at muggvekst kan oppstå ned mot 75 % fuktighet på treverk og trebaserte materialer. For slike materialer, der noe minimumsnivå ikke kunne etableres basert på undersøkelsene, bør derfor 75% velges som "sikkert nivå".

5.4 Vurderingskriterier for fuktnivå i vegger mot terreng

Fukt- og muggskader i rom under terreng har vært økende de senere årene. Dette har sammenheng med utviklingen på tomte- og boligområdet med hustyper i skrått terreng der arealene i underetasjen i stigende grad tas i bruk til velisolerte boligrom. Det brukes nesten utelukkende innvendig isolerte vegger mot terreng. Byggeforskriften skal nå revideres, med skjerpede krav til varmeisolering. En endring i U-verdi fra 0,30 til 0,22 som foreslått, betyr at isolasjonstykkelsen (mineralull) må økes fra 100-120 mm i dag til ca. 200 mm for betongvegger. Dersom hele isolasjon settes innvendig, viser våre beregninger at fuktigheten i veggene stiger, og faren for skader vil følgelig øke. Det er

derfor viktig å endre dagens konstruksjonspraksis når den nye byggeforskriften trer i kraft.

I den nye forskriften skjerpes også krav til inneklime. Muggvekst i konstruksjoner aksepteres ikke. De fuktfølsomme materialene som inngår en konstruksjon må derfor holdes på et fuktnivå (relativ fuktighet) der faren for muggvekst er minimal.

Et vanlig kriterium i praksis har vært at fuktigheten i treverk ikke skal overstige 20%. Dette tilsvarer en relativ fuktighet på ca. 90%. Opprinnelig har dette vært et kriterium for vekst av råtesopp. Muggvekst kan vokse ved lavere fuktnivåer. I våre undersøkelser har vi funnet at ved 75 % RF for treverk og 85% RF for isolasjonsmaterialene skjer ingen muggvekst. Vi foreslår derfor å bruke disse verdiene som tillatte fuktnivåer som ikke må overstiges ved bedømmelse av kjellerveggkonstruksjoner ved nybygging. Ved 97% RF var det muggvekst på alle de undersøkte materialene. Det er mulig at kritisk fuktnivå for isolasjonsmaterialer ligger høyere enn 85%, og at det eventuelt er forskjell på isolasjonsmaterialene. Av økonomiske grunner har vi ikke fått avklart dette nærmere innenfor prosjektet. Eventuelt kan den enkelte leverandør av et isolasjonsmateriale få testet og eventuelt få fastlagt et høyere tillatt fuktnivå for sitt produkt.

Når vi bedømmer konstruksjonene med hensyn til fukt, ser vi på fuktfølsomme materialer på innvendig side av betong-eller murvegg. Evt. muggvekst i isolasjon plassert på utsiden (i grunnen) vurderes her å være uten betydning for inneklimateet.

Følgende må kontrolleres:

- Fuktnivå der isolasjonen ligger mot veggen ("tillatt fuktnivå" for isolasjon er 85% RF)
- Fuktnivå på baksiden av bindingsverket ("tillatt fuktnivå" for treverk er 75% RF)

Av dette fremgår også at bindingsverk som gjennombrøyer isolasjonslaget blir for fuktig på baksiden. Bindingsverket må derfor plasseres med en viss avstand til veggen, med isolasjon mellom bindingsverk og vegg. Da blir selve bindingsverket varmere og dermed tørrere.

Forholdene er mest kritisk under terrengnivå, fordi den relative fuktigheten er høyest om sommeren når også temperaturen er høy. Over terreng kan den relative fuktigheten en kort periode bli ca 90% om vinteren. Vi vurderer likevel dette som mindre kritisk, fordi det samtidig er kuldegrader.

5.5 Anbefalinger

Beregnete og målte fuktnivåer i forskjellige konstruksjoner er vist i kap. 4. Når vi sammenholder disse med de valgte tillatte fuktnivåer, som er basert på undersøkelsen av muggvekst på de aktuelle materialene, har vi følgende anbefalinger:

5.5.1 Vegger av betong

Beregninger og målinger i dette prosjektet viser at den relative fuktigheten bak isolasjonslaget i innvendig isolerte betongvegger er betenkelig høy. Dette gjelder vegger både etter nåværende byggeforskrift og i enda større grad etter kommende byggeforskrift. For ikke å overskride de valgte tillatte fuktnivåer ovenfor, kreves følgende:

- Minst 1/3 av den samlede veggisolasjonen under terrengnivå plasseres på utsiden
- Innvendig isolasjon må være mest mulig dampåpen, dvs. mineralull, cellulosefibre e.l.
- Minst 25 mm isolasjon mellom innvendig bindingsverk og betongvegg
- Dampåpen vegg mot rommet, dvs. vegg uten plastfolie og tette veggbelegg
- Inntil 200 mm innvendig isolering over terrengnivå

Etterisolering av eksisterende betongvegger utvendig under terreng er som regel bare aktuelt når det må graves opp på grunn av sviktende drenering, ellers blir det som regel for dyrt. Ved oppgraving gjelder anbefalingene ovenfor. I de fleste tilfellene er dog kun innvendig isolasjon det reelle alternativ i praksis. Risiko for høy fukt og muggvekst øker med isolasjonstykkelsen. Etter våre beregninger og med de foreslåtte kravene til tillatt fuktnivå må innvendig isolasjon begrenses til 50 mm under terrengnivå, hvorav minst 25 mm mellom treverk og betongvegg. Innvendig isolasjon over terrengnivå kan være inntil 200 mm tykk.

5.5.2 Vegger murt av lettklinkerblokker

Vanligst i dag er vegger av 250 mm lettklinkerblokk, isolert på innsiden med 100 mm mineralullisolasjon i 73 mm bindingsverk. Slike vegger tilfredsstiller dagens krav til varmeisolering med god margin. Veggene ligger innenfor tillatte fuktnivåer når det legges mineralullisolasjon i mellomrommet mellom bindingsverk og murvegg. I vegg av isolerte lettklinkerblokker er fuktnivået på utsiden av isolasjonen høyere enn tillatt. Siden isolasjonen er midtstilt i en murt vegg som slemmes/pusses på innsiden, har dette mindre betydning.

Vi har ikke registrert muggskader som skyldes høyt fuktnivå/innvendig kondens i de foran nevnte vegger av lettklinkerblokk.

Kommende forskriftskrav innebærer at vegg av lettklinkerblokker må tilleggisoleres med ca 140 mm mineralull. Fuktnivået i veggene blir da tidvis over det tillatte, og vi anbefaler da utvendig isolasjon under terreng også for slike vegger. Minst 1/3 av den samlede veggisolasjonen under terrengnivå plasseres på utsiden. Her kan selve lettklinkerveggen medregnes i den utvendige isolasjonen (tilsvarende ca. 40 mm mineralull). Teoretisk betyr dette at 120 mm mineralull på innsiden og 20 mm mineralull på utsiden er tilfredsstillende for den delen av veggene som er under terrengnivå. I praksis vil man bruke mer isolasjon utvendig, f.eks varmeisolerende drengsplater, som har tykkelse minst 50 mm, eller løs lettklinkerfylling.

Murverk av lettklinkerblokk er svært luftåpent og bør luftettes for å unngå luftlekkasjer. Luftlekkasjer fra grunnen kan gi kondens i veggene. Luftlekkasjer utenfra nedsetter murverkets isolasjonsevne, som kan gi kald overflate mot innvendig isolasjon med fare for høyt fuktnivå. Veggene må derfor pusses utvendig og på murkronen. Også på vegger som skal isoleres innvendig, bør muroverflaten først luftettes. Innvendig gir slemming/puss det sikreste resultatet. Vindsperre kan eventuelt brukes, men vi ser en del problemer med å få til gode tettedetaljer i alle overganger. Det må brukes vindsperrer med stor dampåpenhet, og som minst har like høyt tillatt fuktnivå som de isolasjonsmaterialene vi har undersøkt. Det må ikke brukes klemlister av tre på baksiden av isolasjonslag hvis fuktnivået her er høyere enn tillatt for treverk.

5.5.3 Utvendig isolasjon under terreng

Utvendig isolasjon under terrengnivå kan være spesielle drenerende og varmeisolerende plater av polystyren eller steinull med tilbakefylling av stedlige masser (meget telefarlige masser bør unngås), eventuelt vanlige plater av polystyren eller trykkfast steinull med tilfylling av drenerende masser. Isolasjonen plasseres utenpå eventuelle grunnmursplater (plater av plast med knaster eller riller). Som utvendig isolasjon og drenerende masse kan også brukes løs lettklinker (kornstørrelse 10-20 mm).

6 KONKLUSJON

Det har i de senere årene vært mye skader på innvendig isolerte vegger mot terreng. Analyser av muggvekst på materialer som er utført i dette prosjektet og tidligere, tyder på at et fuktnivå (RF) på ca 75 % i treverk og ca 85 % i varmeisolasjons-materialer som mineralull, polystyren og polyuretan gir tilfredsstillende sikkerhet mot muggvekst. Verdien for treverk tilsvarer et fuktinnhold på ca 15% (vektprosent fukt av tørrvekt). Disse verdiene foreslås derfor som tillatte fuktnivåer ved fuktdimensjonering av kjelleryttervegger .

Kjelleryttervegger av betong som tilfredsstillter byggeforskriftens krav til varmeisolasjon i boligrom utføres vanligvis med 100-120 mm innvendig mineralullisolasjon. Slike vegger har høyere fuktnivå enn anbefalt mellom isolasjonslaget og veggen.

Murte kjelleryttervegger av lettklinkerblokk, som vanligvis utføres med 100 mm innvendig mineralullisolasjon, ligger innenfor tillatte fuktnivåer. Vegg av isolerte lettklinkerblokk med kjerne av polyuretanskum, vurderes også som tilfredsstillende.

Byggeforskriften kommer nå med øket krav til varmeisolasjon. Innvendig isolering med større tykkelse vil gi enda høyere fuktnivå i vegger mot terreng og dermed flere skader. Byggeforskriften får også skjerpede krav til innklima og beskyttelse mot fukt og muggvekst i konstruksjoner. Nye kjelleryttervegger bør derfor utføres med en bedre sikkerhet enn i dag.

De ovennevnte forholdene, sammenholdt med utførte målinger og beregninger av fukt i vegger gir følgende konklusjoner:

Ved nybygging av betongvegger etter dagens Byggeforskrift (U-verdi 0,30) må minst 1/3 av isolasjonsmengden under terrengnivå plasseres på veggens utside. Over terrengnivå kan hele isolasjonen (dog maks 200 mm mineralull) plasseres på innsiden. Vegg av lettklinkerbetong med 100 mm innvendig isolasjon, og vegg av Isoblokk kan benyttes, og tilfredsstillter både varmeisolasjonskrav og tillatt fuktnivå.

Ved nybygging av betongvegger etter kommende Byggeforskrift (U-verdi 0,22) må minst 1/3 av isolasjonsmengden under terrengnivå plasseres på veggens utside. Over terrengnivå kan hele isolasjonen (dog maks 200 mm mineralull) plasseres på innsiden. Det samme gjelder for vegg av lettklinkerblokk . Lettklinkerveggen kan medregnes som utvendig isolasjon (250 mm lettklinkervegg tilsvarer ca. 40 mm mineralull).

Ved innvendig isolering av vegger i eksisterende kjellere bør isolasjonstykkelsen under terrengnivå begrenses til 50 mm (mineralull) for betongvegger og 100 mm for vegger av lettklinker.

Det bør være et lag isolasjon med tykkelse minst 30 mm mellom bindingsverket og bakveggen ved innvendig isolering. Dampåpen isolasjon, f.eks mineralull, er best.

Dampsperre mot rommet bør ikke brukes ved innvendig isolering under terreng. Heller ikke overflatematerialer med høy damptetthet (vinyltapet, fuktmembraner, tett maling) bør benyttes. Dette krever spesiell utførelse med utlektet, luftet kledning i dusjrom.

Utvendig isolasjon under terrengnivå kan være spesielle drenerende og varmeisolerende plater av polystyren eller steinull med tilbakefylling av stedlige masser (meget telefarlige masser bør unngås), eventuelt vanlige plater av polystyren eller trykkfast steinull med tilfylling av drenerende masser. Isolasjonen plasseres utenpå eventuelle grunnmursplater (plater av plast med knaster eller riller). Som utvendig isolasjon og drenerende masse kan også brukes løs lettklinker (kornstørrelse 10-20 mm).

7 REFERANSER

Helsedirektoratet. 1991. Normer for inneluftkvalitet (IK 39/91)

Helsedirektoratet. 1990. Retningslinjer for inneluftkvalitet. Helsedirektoratets utredningsserie 6-90.

Holøs, S. B. og J. Mattsson. 1994. Muggsopp. Mycoteam as.

Samson, R. A., B. Flannigan, M. E. Flannigan, A. P. Verhoeff, O. C. G. Adan & E. S. Hoekstra. 1994. Health implications of fungi in indoor environments. Elsevier, Amsterdam.

Viitanen, H. & A.-C. Ritschkoff. 1991.

Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, rapport 221.

VEDLEGG 2.2

HELSEEFFEKTER AV MUGGSOPP I INNEMILJØ

Det har i løpet av de siste år oppstått en økende forståelse for at inneklima og kvalitet av inneluft er en betydelig faktor i helsesammenheng. Dette gjenspeiles blant annet av en rekke konferanser gjennom de siste 15 år, gjennom betydelig forskningsinnsats, og i form av normer for inneluftkvalitet. Helsedirektoratet har blant annet gitt *veiledning om inneklima i barnehager*, (IK 38/91), *teppegulv i barnehager* (IK 21/91) og *normer for inneluftkvalitet*(IK 39/91).

Inneklima er påvirket av en lang rekke enkeltfaktorer, både termiske, akustiske, aktiniske og kjemiske såvel som sosiale og estetiske. *Fukt* i konstruksjoner kan påvirke luftkvaliteten betydelig, først og fremst på grunn av vekst av mikroorganismer.

I *normer for inneluftkvalitet* slår Helsedirektoratet fast at **"ingen patogene mikroorganismer bør forekomme, nivået av andre bør holdes så lavt som mulig. Mugglukt inne bør ikke forekomme."** I utredningen som ligger til grunn for denne normen heter det dessuten *"Det bør være krav til inneluft at mikroorganismer ikke får mulighet til kolonisering og oppformering i en bygning. Lukt av muggsopp og råte likestilles med påvist kolonisering selv om mikroorganismene ikke kan påvises fritt i luften. For mikroorganismer (bakterier og muggsopp) foreligger det ikke klare tallfestede grenser med hensyn til inneluftkvalitet."*

Arbeidet med forprosjektet har klart dokumentert at flere løsninger for innredning av kjellere fører til at mikroorganismer får mulighet til kolonisering og oppformering. Det er også relativt vanlig at det oppstår luktproblemer. I hvilken grad de mikroorganismer som opptrer er patogene vil være et definisjons- og konsentrasjonsspørsmål.

I det etterfølgende vil vi gi en oppsummering av helseeffekter av muggsopp i inneluft. Muggsopp later til å være de mest vanlig forekommende organismene ved fuktutsatte konstruksjoner. Vi har ikke tatt opp sykdommer som skyldes sopper som ikke kan forventes å finnes i konstruksjoner (*Candida sp.*, *Trichophyton sp.*, *Cryptococcus sp.* etc.).

A.1 Muggsopp

Generelt vil eksponering overfor dårlig luftkvalitet først gi utslag i slimhinnene i luftveier, øyne og også hud. Sekundært kan mage og tarm eksponeres, fordi stoffer fester seg i slim som transporteres opp i munnhulen og blir svelget.

Tre ulike påvirkningsmåter har vært fokusert i sammenhengen mellom muggsopp og helse:

- infeksjon forårsaket av muggsopp,
- allergisk alveolitt etter massiv eksponering for soppспорer,
- allergisk reaksjon av IgE - type (atopisk allergi).

Det er viktig at man holder disse fenomenene atskilt, fordi nødvendig dose, virkningsmekanisme og alvorlighetsgrad er meget forskjellig for de ulike fenomener.

A.1.1 Infeksjon av muggsopp

Enkelte muggsopper trives utmerket ved 37°C og kan nyttiggjøre seg en rekke ulike næringsstoffer. Disse soppene ville hatt meget gunstig forhold i levende mennesker og dyr, hvis det ikke var for

forsvarssystemene, som stort sett er meget effektive mot de fleste sopp. (Enkelte sopper er nokså godt tilpasset til vekst på levende mennesker, men de skal vi ikke behandle her.) I individer der immunsystemet av en eller annen grunn fungerer dårlig (sterkt nedsatt allmenntilstand, AIDS eller andre sykdommer som angriper immunforsvaret, transplanterte som behandles med immunsuppressive midler) eller i vev som er svekket / dødt etter en annen sykdom eller skade, kan muggsopper infisere mennesker. Spesielt ved nedsatt immunforsvar er dette alvorlig, fordi det da kan oppstå infeksjon av lungene med spredning til hjerte, nyrer eller hjerne, - såkalt *systemisk mykose*. Dødeligheten ved denne tilstanden er høy. En kompliserende faktor er at de fleste antibiotika virker dårlig mot sopp.

Også hos pasienter utenfor høyrisikogruppene kan det forekomme infeksjoner av muggsopper. Dette antas normalt å oppstå i vev som tidligere er skadet eller dødt. Typisk er soppvekst i hulrom i lungene forårsaket av tuberkulose eller andre lungesykdommer - kalt *aspergillom* eller *mycetom*. Ved betennelser i det ytre øre opptrer muggsopper som sekundær infeksjon.

De soppene som oftest angis å være involvert i lungeinfeksjoner er *Aspergillus fumigatus* og *A. flavus*, mens *A. niger* er den art som vanligst identifiseres fra ørebetennelser.

Kilder: Bergan & al. (1982), Wagner (1984)

A.1.2 Allergisk alveolitt / hypersensitiv pneumonitt

Ved massiv eksponering for biologisk støv, vil det oppstå immunreaksjoner der immunoglobulin G (IgG) er involvert. Dette fører ofte til en influensalignende tilstand der feber, frysninger, hoste, kortpustethet o.a. begynner å opptre noen timer etter eksponeringen. Symptomene fortar seg gjerne etter 12-18 timer. Fenomenet kan utløses av store mengder bakterier, soppsporer, hudrester fra dyr, eller annet biologisk materiale, og oppstår som regel i forbindelse med håndtering av biologisk materiale som har vært utsatt for fuktighet. Navn som "treskelunge", "justerverksjuke", "cheese workers lung" men også "sauna takers lung" antyder i hvilke omgivelser og yrkesgrupper man finner problemene. Luftanalyser kan ofte vise så mye som 10^7 - 10^9 cfu pr m^3 .

Kilder: Kurup & al (1984), Ring (1991).

A.1.3 Atopisk overfølsomhet

En annen helt annen form for allergisk reaksjon er "atopisk umiddelbar allergireaksjon". Dette er en reaksjon som skyldes at spesifikke antistoffer av IgE - typen reagerer med bestemte stoffer - allergener - og fremkaller en lokal immunrespons. Kjente former for slike reaksjoner er "høysnue", pollenallergi og dyrehårsallergi. En ikke ubetydelig del av de som er disponert for denne typen allergier - atopikerne - reagerer på stoffer i muggsoppsporer og -mycel.

I diagnostikk og metodestudier har man i nokså stor grad konsentrert seg om de soppene som dominerer uteluften i de fleste undersøkelser: nemlig *Cladosporium sp.*, særlig *C. herbarum* og *Alternaria alternata*. Fra disse har man isolert flere allergener, og det er utviklet raffinerte metoder for å diagnostisere overfølsomhet overfor disse og enkelte andre allergener fra sopp. Allergi mot en rekke andre sopparter er også påvist, også storsopp som flatkjuke, ekte hussopp og dyrket sjampinjong.

To egenskaper ved atopisk overfølsomhet skal understrekes; dosen som skal til for å utløse problemer er meget lav - kanskje tilsvarende 50 - 150 sporer pr m^3 eller mindre, og jevnlig eksponering overfor moderate doser av allergener kan føre til en sensibilisering - dvs at man

utvikler spesifikke IgE - antistoffer mot allergenet, slik at man etter lang tids eksponering utvikler overfølsomhet.

Ved testing av muggsoppallergi vil man normalt benytte seg av allergenpreparater fra maksimalt 5-6 muggsopparter. Forprosjektet tyder på at de arter som benyttes ikke er særlig vanlige i boliger med muggproblemer innendørs. Begrunnelsen for testmetodikken synes å være at dersom man har anlegg for å utvikle muggsoppallergi, vil man sannsynligvis utvikle allergi mot de artene som er vanlige i uteluft.

Kilder: Bergan & al. (1982), Aas & Aukrust (1984), Latgè & al. (1992).

Andre typer reaksjoner

Soppinfeksjoner, allergisk alveolitt, atopisk overfølsomhet; på alle disse områdene gjenstår det viktige spørsmål, men man kjenner tross alt en rekke viktige sammenhenger mellom dose og respons. Man antar dessuten at det finnes andre typer reaksjoner på soppvekst som man vet mindre om.

Organiske forbindelser - lukt

Et interessant område er effekten av flyktige og støvbundne stoffer som ikke er allergene. De fleste er kjent med at mugg- og bakterievekst kan føre til store luktproblemer, så det frigjøres tydeligvis flyktige forbindelser. Disse luktstoffene har en betydelig evne til å trenge igjennom fysiske barrierer som plastfilm, gulvbelegg o.l. I hus med aktiv soppvekst vil utvilsomt flyktige forbindelser fra soppvekst utgjøre en signifikant del av TVOC, og her gjenstår det mye arbeid før man kan si noe om effektene av dette, selv om man har resultater som viser at ukjente lukter kan gi sterkt ubehag. Mugglukst regnes som et sanitært problem både i Norge og i andre land. En problematisk faktor ved mugglukst som kriterium for luftkvalitet er at evnen til å oppfatte slik lukt varierer sterkt mellom ulike personer.

A.1.4 Mykotoksiner

Det er etterhvert vel kjent at mange muggsopper produserer giftige stoffer - mykotoksiner. Mye er gjort i forbindelse med mykotoksiner i matvarer og fôr, spesielt da i forhold til **aflatoksiner** som i tillegg til akutt giftighet hører til de mest potente karsinogener (kreftfremkallende) stoffer man kjenner. I hvilken grad det produseres toksiner hos sopp som vokser i bygninger, om mennesker i bygningen kan utsettes for disse, og hvilke effekter dette eventuelt måtte ha er i stor grad ukjent. En enkelt undersøkelse (Croft & al. 1986) viser til "toksikose" på grunn av trichothecener fra muggsopp i inneluft.

Kilder: Croft (1986), Holmberg (1987).

Endotoxin og glykan

Hos en stor gruppe bakterier inneholder celleveggen lipopolysakkarid - ofte kalt *endotoxin*. Dette stoffet aktiverer flere forsvarsreaksjoner i kroppen, og er en av de faktorer som utløser feber ved bakterielle infeksjoner. En rekke studier fra ulike arbeidsmiljøer med stor belastning av organisk støv tyder på at endotoxin i støv kan føre til ulike sykdomssymptomer. (Rylander, 1986, Rylander & al. 1978, Rylander, Baker & al. 1989, Rylander, Sorensen & al. 1989) Andre studier antyder at endotoxin i lave doser kan forsterke effekten av andre allergireaksjoner. Celleveggen hos muggsopper inneholder et polysakkarid β -1.3 glykan, som muligens kan ha tilsvarende effekter, og

både endotoxin og glykan er satt i sammenheng med typiske "syke hus symptomer" som unormal tretthet, tørre øyne, hoste, etc. (Rylander, Sorensen & al. 1989). Effektene av disse stoffene er uklare, og undersøkes i pågående forskningsprosjekter (Spengler & Elreedy, 1992).

A.1.5 Andre forhold

Andre forhold som påvirker inneklime i forbindelse med fuktproblemer i boligrom vil knytte seg til vekst av andre mikroorganismer, forekomst av midd og andre dyr, og til emisjon fra materialer. Mekanismer og effekter fra andre mikroorganismer vil i stor grad falle i samme kategori som for muggsopp.

Midd er en viktig allergenkilde, og mange allergikere er overfølsomme for allergener i husstøvmidd og avføring fra disse. Ved fuktighet i konstruksjoner opptrer det ofte midd, og da som regel andre slekter og arter av midd enn husstøvmidd. Det er sannsynlig at også disse middene inneholder allergener, samtidig som de ved sin adferd vil bidra til at allergener fra muggsopper spres i konstruksjonen.

Når det gjelder emisjon fra byggematerialer kan denne påvirkes av oppfukning. Enkelte studier viser at emisjonen fra enkelte veggmaterialer øker permanent etter oppfukning (Thøgersen, Pers med.). mens andre studier tyder på at emisjoner kan avta ved økende fuktinnhold.

Fukt og bolig - epidemiologi

Det er foretatt studier som forsøker å undersøke om fuktige boliger øker hyppigheten av ulike sykdommer. Studier fra England (Melia & al. 1982), Nederland (Varekamp & Leupen, 1970, Brunekreef, 1992), Nordamerika (Brunekreef & al. 1989, Dales & al. 1991) og Sverige (Holmberg 1987) tyder på at det er en sammenheng mellom fukt i bolig / synlig muggvekst og helse. Det er spesielt luftveissykdommer som viser korrelasjon med fuktighet, men også øyeirritasjon, hodepine og andre symptomer.

A.1.6 Referanser

Aas, K. & L. Aukrust. 1984.

Immediate hypersensitivity responses to fungal allergens.

In: Al-Doory, Y. & J. F. Domson (eds): *Mould Allergy*. Lea & Febiger, Philadelphia.

Bergan, T. H. Gjønnæs, C. O. Solberg & P. Thune. 1982.

Soppesykdommer. *Mykologi og klinikk*. Bayer, Oslo.

Brunekreef, B. 1992.

Damp housing and adult respiratory symptoms. *Allergy* 47: 498-502.

Brunekreef, B., D. W. Dockery, F. E. Speizer, J. H. Ware, J. D. Spengler & B. G. Ferris. 1989.
Home dampness and respiratory morbidity in children. *Am. Rev. Resp. Dis.* 140: 1363-1367.

Croft, W. A., B. B. Jarvis, C. S. Yatawara. 1986.

Airborne outbreak of trichothecene toxicosis. *Atmos. environ.* 20:549-52.

Dales, R. E., R. Burnett & H. Zwanenburg. 1991.

Adverse health effects among adults exposed to home dampness and molds. *Am. Rev. Resp. Dis.* 143:505-509.

Floyer, Sir.J. 1726.

Violent Asthma after Visiting a Wine Cellar. *A Treatise on Asthma*. London.

Holmerg, K. 1987.

Hälsobesvär av mögelföreningar i inomhusmiljö.

I: *Sunda och sjuka hus*. rapport 77, Statens Planverk, Stockholm.

Kurup, V. P., J. J. Barboriak, J. N. Fink. 1984.

Hypersensitive pneumonitis. In: Al-Doory, Y. & J. F. Domson (eds): *Mould Allergy*. Lea & Febiger, Philadelphia.

Ring, J. 1991.

Allgewandte allergologie. MMV, München.

Rylander, R. 1986.

Lung disease caused by organic dusts in the farm environment. *Am. J. Ind. Med.* 10:221-227.

Rylander, R., P. Haglund, M. Lundholm, I. Mattsby, K. Stenqvist. 1978.

Humidifier fever and endotoxin exposure. *Clin. Allergy*. 8:511-516.

Rylander, R. B. Baker, J. Fischer, I. M. Helander. 1989.

Pulmonary function and symptoms after inhalation of endotoxin. *Am. Rev. Resp. Dis.* 140:981-986.

Rylander, R., S. Sorensen, H. Groto, K. Yuasao, S. Tanaka. 1989.

The importance of endotoxins and glucan for symptoms in sick buildings. In *Bieva, C. J. & al (eds): Present and future of indoor air quality, Proceedings of the Brussels Conference*. Elsevier, New York.

Spengler, J. D. & S. Elreedy. 1992.

Report on indoor microorganisms: background and methodology. *Report to health & welfare Canada*.

Van Leeuwen, W. S. 1924.

Bronchial asthma in relation to climate. *Proc. Soc. Med.* 17:19.

Wagner, G. E. 1984.

Bronchopulmonary aspergillosis and aspergilloma. In: Al-Doory, Y. & J. F. Domson (eds): *Mould Allergy*. Lea & Febiger, Philadelphia.

VEDLEGG 3.1

TESTING AV MUGGRESISTENS HOS MATERIALER. LITTERATURSTUDIE.

A.1 Innledning

For en del materialtyper er muggvekst et velkjent problem som man søker å unngå ved f.eks. kjemisk beskyttelse. Materialer som er relativt mye undersøkt er trematerialer før tørking og malingsprodukter. På disse områdene er det utarbeidet flere testmetoder, tildels også utformet som standard testprosedyrer. I det etterfølgende er en del slike prosedyrer oppsummert.

A.2 Litteraturstudier

I tillegg til undersøkelse av egen litteratur er det utført søk i ulike databaser på kombinasjoner av "mugg" og "resistens" og "mugg" og "test". Søket omfattet den nordiske databasen "BODIL" samt internasjonale databaseverter.

Ulike undersøkelser som ble bedømt å kunne ha verdi for undersøkelse av bygningsmaterialer i innredete boligrom under terreng er oppsummert i det følgende.

A.3 Generelt

Ved test av materialers levetid foreligger oftest et spekter av metoder fra svært kunstige og sterkt kontrollerte laboratorieforsøk til utprøving i felt over lang tid. De ulike metodene har alle sine styrker og svakheter. Begrensede økonomiske og tidsmessige ressurser er viktige argumenter for sterkt akselererte laboratorietester, mens langtids feltutprøving og utprøving i praktisk bruk utmerker seg ved større realisme. En anbefalt fremgangsmåte for bestemmelse av *levetid* er gitt i ASTM E632. En oppsummering av relevante tester av resistens mot soppvekst er gitt under.

A.3.1 Kunstig dyrkningsmedium

Den enkleste måten å undersøke et materiales soppresistens på er gjerne å eksponere det for en eller flere sopper som vokser på et næringsmedium. Dette kan for eksempel gjøres ved at små biter av maling eller lignende legges på overflaten av en agarkultur (Mycoteam 1988, Bjurmann 1994). I materialtesting brukes denne metoden i British Standard 6085 del 2-3 for undersøkelse av resistens hos tekstiler mot vekst av bakterier eller sopp og i ASTM G21-70 for plastmaterialer. Tilsvarende metoder brukes for test av trebeskyttelsesmidler mot råtesopp, f.eks EN 113 (CEN, 1980).

A.3.2 Inkubering i jord

En enkel metode å utsette et materiale for angrep av ulike organismer er å begrave materialet i jord for en periode. Dette kan gjøres i felt, eller i mer eller mindre kontrollerte laboratorieforsøk. Det vil sjelden være mulig å vite hvilke mikroorganismer man faktisk utsetter materialet for. Tester av denne typen inngår i test av tekstiler og trebeskyttelsesmidler som er bregnet for jordkontakt, jfr. BS 6085 del 1, ASTM D 1413-76 og NWPC 1.4.1.2.

A.3.3 Fuktkammer

For materialer som er ikke beregnet på å stå i kontakt med jord eller annet materiale der det vokser mikroorganismer, vil det være mere realistisk med en eksponering i *fuktkammer*. Slike fuktkammer er beskrevet i en lang rekke varianter i ulike tester og forsøk. Dette er diskutert i detalj senere.

A.3.4 Feltutprøving

Den mest realistiske formen for test vil som regel være feltutprøving. Dette gjøres for eksempel med trykkimpregnert tre (NWPC 1.4.2.1, ASTM D 1758-86, EN 330) og for maling Nortest Build 229, "fabrikkutprøving". Det velges oftest et testoppsett som gir en akselerasjon i forhold til praktisk bruk, enten ved at det velges et varmt og fuktig klima (Florida) eller ved at prøver eksponeres skråstilt, utstyres med fuktfeller, etc. For materialer brukt inne i konstruksjoner er felteksponering mindre aktuelt. Wang (1992) eksponerte prøver av ulike bygningsplater i krypkjellere og på loft.

A.3.5 Diskusjon

For materialer som ikke står i direkte jordkontakt, og der man ønsker å vite noe om begroing på selve materialet, vil det være mest realistisk med eksponering under feltforhold eller i fuktkammer. Feltforsøk vil kreve at det settes av plass inne i en konstruksjon for utprøving av materialer, noe som igjen vil gjøre at man fjerner seg fra realistisk bruk av området. Vi vurderer derfor fuktkammerforsøk som mest egnet til utprøving av materialer til bruk i innredete kjellervegger. Som et supplement og korrektiv brukes prøveanalyse av materiale som samles inn i felt.

A.4 Prøvestørrelse

Prøvestørrelsen i sammenlignbare testoppsett varierer mellom 15 * 50 mm og 60 * 200, avhengig bl.a. av forsøkskammerets størrelse, se tabell 1.

Tabell 1. Prøvestørrelser i ulike forsøksoppsett.

Materiale	Størrelse (mm)	Referanse
Tre (ubehandlet)	8 * 15 * 50	Vitanen & Ritschkoff, 1991
Tre (ubehandlet)	28 * 34-60 * 170-200	Hallenberg & Gilert, 1986
	ca 30 * 45 * 225	Hallenberg & Gilert, 1987
	20 * 50 * 220	Hallenberg & Gilert, 1988
Trebaserte bygningsplater	X * 75 * 100	Bjurman & al, 1987
Trebaserte bygningsplater	X * 28 * 28	Bjurman & al, 1987, minikammer
Malte plater	5-10 * 75 * 100	BS 3900
Tekstiler	> 20 * 20 25 * 150	Visuell bedømmelse Styrketap BS 6085
Bygningsplater	X * 40 * 40	BS 1982
Tre (ubehandlet)	10 * 50 * 50	Land, 1986
Sponplater og trefiberplater	X * 28 * 28 X * 75 * 100 X * 100 * 300 X * 40 * 80	Wang, 1992 (minikammer) ---***--- (standard muggkammer) ---***--- (kunstig krypkjeller) ---***--- (fuktkammer)

A.4.1 Diskusjon

Prøvestørrelsen bør være såvidt stor at de to største flatene unngår eventuelle kanteffekter som man ganske ofte kan observere. Samtidig gir en liten prøvestørrelse mulighet for mindre prøvekammer, noe som igjen gjør at det blir lettere å kontrollere forholdene. I et prøvekammer der store prøver plasseres et stykke unna "vannspeilet" vil det kunne oppstå forskjeller i relativ luftfuktighet på grunn av at fuktighet som absorberes av prøvene bare langsomt blir erstattet ved avdamping fra vannflaten. En prøvestørrelse med plater fra 40 * 80 mm og større burde fungere bra, men dette må bestemmes empirisk.

A.5 Forbehandling.

A.5.1 Fukt

Normalt foretas en form for ekvilibrerings av prøvene til et definert fuktnivå, eller til forholdene i kammeret før selve forsøket startes. Ekvilibrerings til nivået i prøve-kammeret gjør at effekten av at prøvene trekker til seg (eventuelt avgir) vann vil bli minimal. Ulempen er at man løper en risiko for at muggsopp eller andre organismer etablerer seg på overflaten under ekvilibreringsen.

A.5.2 "Kunstig vannskade"

En ikke uvesentlig egenskap ved materialene er hvor fort vann tas opp og avgis. Disse egenskapene vil i stor grad påvirke hvor lang tid etter en oppfukting et område vil være fuktig. For å undersøke dette forholdet kan det utføres en serie der materialene blir utsatt for en kontrollert fuktbelastning før innsmitting, mens resten av testen foretas i et miljø med realistisk opptørkingsmulighet.

A.5.3 Forurensning

Enkelte tester foreskriver en forurensning, "soiling", av prøvene før forsøksstart. Dette gjelder BS 3900 for utendørsmalinger, og er tenkt som en simulering av effekten av jord og lignende som setter seg på malingsflaten under bruk.

Tilførsel av jord vil ikke være realistisk påvirkning av forsvarlig behandlede byggematerialer. Derimot vil man vente at de fleste materialer blir utsatt for en viss mengde byggestøv. I tillegg vil de fleste materialer bli tilført fett o.a. ved manuell håndtering. Dette støvet kan tenkes å påvirke mengden av påvekst i ganske betydelig grad, i et hvert fall for materialer som i utgangspunktet inneholder lite organisk materiale, for eksempel mur / betongmaterialer. Dersom eventuelle forskjeller i påvekst mellom enkelte materialer bortfaller ved en realistisk støvbelastning på materialene, vil det være liten grunn til å legge vekt på denne forskjellen ved valg av materialer, og vi vil derfor søke å utsette en del av materialene i testen for en kontrollert forurensning med "kunstig byggestøv".

A.6 Innsmitting

I de undersøkelsene der man ønsker å studere innsmittingsgrad som en del av materialegenskapene, vil det være naturlig å unngå kunstig innsmitting. Dette har vært tilfelle ved flere studier av trematerialers tendens til å mugne (Hallenberg & Gilert, 1986). Ved studier der man ønsker en test av materialenes evne til å motstå muggbegroing, velges det gjerne en innsmitting med utvalg av muggarter, enten alene eller i blanding. Dette kan gjøres ved påstrykning av sporesuspensjon (Bjurman & al. 1987, Viitanen & Ritschkoff, 1991) påsprøyting av sporesuspensjon (BS 3900) eller ved at muggsoppene introduseres i testkammeret (ASTM 3273).

Tabell A.6. Innsmitting i ulike forsøksoppsett.

Materiale	Innsmitting	Referanse
Tre (ubehandlet)	Sporesuspensjon eller sporer på pensel.	Viljanen & Ritschhoff, 1991
Tre (ubehandlet)	Ingen	Hallenberg & Gilert, 1986, 1987, 1988
Trebaserte bygningsplater	I jord i prøvekammeret	Bjurman & al, 1987
Trebaserte bygningsplater	0,1 ml Sporesuspensjon	Bjurman & al, 1987 (minikammer)
Malte plater	1 ml sporesuspensjon, 10^4 sp/ml	BS 3900
Tekstiler	1 ml sporesuspensjon	Visuell bedømmelse Styrketap BS 6085
Bygningsplater	0,5 ml sporesuspensjon	BS 1982
Tre (ubehandlet)	10 μ l sporesuspensjon, 10^5 sp/ml	Land, 1986
Sponplater og trefiberplater	0,1 ml sporesuspensjon (en art) I jord i prøvekammeret I jord i 'prøvekjelleren' 50 μ l sporesuspensjon (blanding)	Wang, 1992 (minikammer) ---***--- (standard muggkammer) ---***--- (kunstig krypkjeller) ---***--- (fuktammer)

Diskusjon

For de fleste bygningsmaterialer må man påregne at det vil skje en viss innsmitting av sopp sporer under transport, på byggeplass, ved oppsetting og under bygningens levetid. Derimot er det for de fleste materialer lite aktuelt med etablering under produksjon.

Et unntak her er trematerialer, som dels er naturlig angrepet av sopp allerede før felling, dels er utsatt for innsmitting og etablering under lagring og tørking av materialene. Enkelte av disse soppene vil overleve uttørkingen, og vil lettere kunne utvikle seg videre ved oppfuktning enn materialer som er smittet med sporer. For enkelte materialer som er basert på trematerialer eller annet biologisk materiale vil det være mulig at sopp allerede er etablert før produksjon, mens selve produksjonsprosessen i andre tilfeller (papir, trefiberplater) vil sterilisere materialene effektivt.

Det må antas at den innsmittingen som skjer fra materialene produseres til konstruksjonen er ferdig, vil påvirke omfanget og typen (hvilke arter) av eventuelle senere soppangrep. Denne faktoren vil imidlertid være utsatt for stor tilfeldig variasjon som i stor grad også er materialuavhengig. Faktorer som årstid, plassering i "stabler", vegetasjon i nærheten, osv. vil i stor grad styre hvor mange og hvilke sopp sporer som befinner seg på overflaten av materialene. Dette må anses som lite relevant når man ønsker å komme fram til hvilke fuktigheter et materiale tåler.

Resultatene vil derfor bli mer reproduerbare og relevante hvis man tar utgangspunkt i "produksjonsreine" materialer som smittes inn på en kontrollert og reproducerbar måte. Samtidig må det velges et nivå på innsmittingen som ikke gjør at selve innsmittingen gir grunnlag for vekst av betydning på grunn av at man tilfører organisk næring.

Konklusjon

Materialene smittes inn med et moderat antall sporer: 10^2 - 10^3 sporer cm^{-1} .

A.7 Artsutvalg

Det bør legges vekt på at et utvalg av de vanligst forekommende muggsoppene på bygningsmaterialer inngår i testoppsettet. Det foreligger relativt lite informasjon på artsnivå om hvilke arter som forekommer, spesielt innen store slekter med små forskjeller mellom artene, slik som *Penicillium* og *Aspergillus*. Artsutvalget i ulike tester er gitt i tabell A7.

Tabell A.7. Artsutvalg i ulike tesoppsett.

Materiale	Arter	Referanse
Tre (ubehandlet)	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Cladosporium sphaerospermum</i> <i>Cladosporium sp.</i> <i>Penicillium sp. (1017)</i> <i>Penicillium spp.</i> <i>Trichoderma sp.</i>	Viitanen & Ritschkoff, 1991
Tre (ubehandlet)		Hallenberg & Gilert, 1986
Trebaserte bygningsplater	<i>Alternaria sp</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Cladosporium sphaerospermum</i> <i>Penicillium spp (4 stk)</i> <i>Trichoderma lignorum</i>	Bjurman & al, 1987
Trebaserte bygningsplater	<i>Alternaria alteranta</i> <i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Cladosporium herbarum</i>	Bjurman & al, 1987, minikammer
Matte plater	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Penicillium purpurogenum</i> <i>Phoma violacea</i> <i>Rhodotorula rubra</i> <i>Sporobolomyces roseus</i> <i>Stachybotrys chartarum</i> <i>Ulocladium atrum</i>	BS 3900
Tekstiler	<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus terreus</i> <i>Paecilomyces variotii</i> <i>Penicillium pinophilum</i> <i>Penicillium ochrochloron</i> <i>Scopulariopsis brevicaulis</i> <i>Gliocladium virens</i> <i>Chaetomium globosum</i>	Visuell bedømmelse Styrketap BS 6085
Bygningsplater	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Chaetomium globosum</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Paecilomyces variotii</i> <i>Penicillium pinophilum</i> <i>Stachybotrys atra</i> <i>Trichoderma viride</i>	BS 1982
Tre (ubehandlet)	<i>Penicillium expansum</i> <i>Penicillium verrucosum var cyclopium</i> <i>Penicillium roquefortii</i>	
Trefiberplater og sponplater	<i>Alternaria alternata</i> 1,2,3 <i>Aspergillus fumigatus</i> 4 <i>Aspergillus niger</i> 2,3,4 <i>Aspergillus versicolor</i> 3,4 <i>Aureobasidium pullulans</i> 1,2,3,4 <i>Ceratocystis minor</i> 1,3 <i>Ceratocystis pilifera</i> 1,3 <i>Cladosporium herbarum</i> 1,3,4 <i>Cladosporium sphaerospermum</i> 2,3,4 <i>Mucor racemosus</i> 4 <i>Penicillium brevicompactum</i> 2,3,4 <i>Penicillium spp.</i> 2,3,4 <i>Penicillium purpurogenum</i> 2,3,4 <i>Phialophora fastigiata</i> 1,3 <i>Phialophora hoffmannii</i> 1,3 <i>Sclerophoma pithyophila</i> 1 <i>Trichoderma lignorum</i> 2,3,4	1. Wang, 1992 (minikammer) 2. ---***--- (standard muggkammer) 3. ---***--- (kunstig krypkjeller) 4. ---***--- (fuktammer)

A.7.0.1 Diskusjon

Sopparter som hyppig forekommer i tilsvarende konstruksjoner bør inngå. Erfaring tilsier at disse soppene er så hyppig tilstede at tilstedeværelse av soppsporer i fuktige konstruksjoner ikke er noen vesentlig begrensende faktor. Etter egen erfaring er *Penicillium* spp., *Aspergillus versicolor*, *Acremonium* sp. og *Stachybotrys chartarum* svært relevante i denne sammenhengen.

A.7.0.2 Konklusjon

Til hoveddelen av forsøket benytttes det artsutvalget som inngår i BS 3900. I tillegg benyttes artene fra norske skadetilfeller i blanding i en del av forsøket som en sammenligning.

A.7.1 Lysforhold

Lysforholdene kan påvirke soppenes utseende og utvikling, spesielt graden av pigmentering og sporulering (Samson & al. 1988). I de beskrevne testmetodene er lysforholdene ikke angitt. For de fleste konstruksjoner av interesse i innredete boligrom under terreng vil de alvorligste fuktproblemene oppstå på steder uten eller med svært lite lys. Forsøket utføres derfor skjermet fra direkte innstråling.

A.7.2 Temperatur

Ved akselererte standardtester velges det ofte en høy temperatur, som antas å være optimalt for mange muggsopper. Inne i de fleste aktuelle konstruksjonene vil det imidlertid være mer realistisk å studere temperaturer lik eller lavere enn romtemperatur. Slike temperaturer har vært studert i flere undersøkelser (Land, 1986, Hallenberg & Gilert, 1988, Viitanen & Ritschkoff, 1991)

Materiale	Temperatur	Referanse
Tre (ubehandlet)	5,10,15,20,30, 40 °C, samt fluktuerende.	Viitanen & Ritschkoff, 1991
Tre (ubehandlet)	Romtemperatur	Hallenberg & Gilert, 1986
	23°C	Hallenberg & Gilert, 1987
	7, 14 og 23°C	Hallenberg & Gilert, 1988
Trebaserte bygningsplater	28 °C	Bjurman & al. 1987
	Romtemperatur	Bjurman & al. 1987, minikammer
Malte plater	28°C	BS 3900
Tekstiler	28°C	Visuell bedømmelse Styrketap BS 6085
Bygningsplater	24°C	BS 1982
Tre	-2, 4 og 20°C	Land, 1986
Trefiberplater og sponplater	28°C 28°C 5-18°C (typisk 14°C) 7, 15, 20, 25 °C	Wang, 1992 (minikammer) ---***--- (standard muggkammer) ---***--- (kunstig krypkjeller) ---***--- (fuktammer)

Diskusjon

Lave temperaturer fører generelt til langsommere soppvekst. Hvor sterk denne effekten er, kan imidlertid avhenge av fukttilgang, næringstilførsel, og hvilke sopparter som er tilstede. Det vil derfor være ønskelig å teste de ulike materialene ved ulike temperaturer. Temperaturen i boligrom vil typisk variere innen intervallet 20°C-25°C, eventuelt noe høyere i forbindelse med baderom. Nærmere ytterveggen vil temperaturen være betydelig lavere i storparten av året. Dette viser at

materialer som benyttes på ulike steder i konstruksjonen utsettes for ulike temperaturer. En relevant testmetode bør inkludere temperaturen i den "verste" delen av året for de ulike steder i konstruksjonene. Som et utgangspunkt velges 23°C, 14°C og 5 °C.

A.7.3 Fukt

Fuktnivået er den viktigste bestemmende faktor for muggvekst i bygninger. Det er et hovedmål for prosjektet å undersøke hvilke fuktnivåer materialer blir utsatt for, og hvilke fuktnivåer de tåler over tidsrom på noen uker. Tabell 5 viser hvilke nivåer som er valgt i relevante tester.

Tabell 5. Fuktnivå i ulike undersøkelser.

Materiale	Fuktighet	Referanse
Tre (ubehandlet)	75,81,86,90,93,97,100 % RF (ved 20°C)	Viitanen & Ritschkoff, 1991
Tre (ubehandlet)	65, 75, 85, 95 % RF	Hallenberg & Gilert, 1986
	65, 75, 85, 95 % RF	Hallenberg & Gilert, 1987
	65, 75, 85, 95 % RF	Hallenberg & Gilert, 1988
Trebaserte bygningsplater	95-99 % RF	Bjurman & al, 1987
Trebaserte bygningsplater	"Passe", ca 95 -100 % RF (?)	Bjurman & al, 1987 (minikammer)
Malte plater	Nær 100 % RF, kondensering i 2 timer 2x per døgn.	BS 3900
Tekstiler	Kontakt med næring Nær 100 %	BS 6085 (agartest) BS 6085 (fuktkammer)
	ca 100 % RF Kontakt med næring	BS 1982 (lav fuktighet) BS 1982 (høy fuktighet)
	ca 100 % RF, 30-50 % MC	Land, 1986
Sponplater og trefiberplater	ca 100 % RF 92-98 % RF 80-94 % RF 80, 85, 90, 95 % RF	Wang, 1992 (minikammer) ---***--- (standard muggkammer) ---***--- (kunstig krypkjeller) ---***--- (fuktkammer)

Diskusjon

Muggvekst kan forekomme ved vannaktivitet helt ned mot $0.62a_w$ tilsvarende en relativ fuktighet på 62 % (Pitt & Hocking, 1990). De soppene som kan vokse med så lite tilgjengelig vann er imidlertid avhengige av lett tilgjengelig næring for å utvikle seg, og miljøene der vekst forekommer er gjerne miljøer der tilgjengeligheten av vann er redusert av oppløste stoffer, for eksempel tørr frukt, saltet fisk o.l. De fleste bygningsmaterialer inneholder lite letttilgjengelig næring, og høyere fuktnivå er derfor nødvendig for påvekst på disse. De fleste soppartene som forekommer i bygninger krever en vannaktivitet på $0.9 a_w$ eller høyere.

Hallenberg & Gilert (1988) anga etter sin undersøkelse av treverk at ingen muggvekst forekom etter 7-10 mnd ved 65 % RF og bare på enkeltprøver ved 75 %. I deres studier var 85 % RF fuktighet det mest "informative", idet det var her forskjellen mellom ulike trekvaliteter var størst. Viitanen & Ritschkoff, som også undersøkte trematerialer, fant ikke muggvekst ved 75 % RF etter opptil et års eksponering. Ved 80 - 82 % RF forekom en viss muggvekst etter 12 ukers eksponering. Wang (1992) fant bare vekst på to typer bygningsplater ved 80 % RF, og ingen ved 75 % RF.

Konklusjon

Muggvekst på bygningsmaterialer ved lavere enn 70 % RF er lite sannsynlig, og områder i konstruksjonen med konstant lavere fuktighet kan trolig betraktes som trygge. For områder med lav fuktbelastning bør en test ved 75 % RF være realistisk. En relativ fuktighet på 85 % er en betydelig fuktbelastning, og et nivå der mange trebaserte bygningsmaterialer gir grobunn for påvekst, mens andre forblir uskadd selv etter lang tids eksponering. For materialer som er beregnet brukt i de mest fuktbelastede delene av konstruksjonen vil en relativ fuktighet mellom 95 og 100 % være realistisk.

Varighet

Varigheten av dyrkningsfasen i ulike studier er gitt i tabell A.7.3.

Tabell A.7.3. Varighet av ulike dyrkningsforsøk.

Materiale	Inkubasjonstid	Referanse
Tre (ubehandlet)	12 uker, bedømt hver uke.	Viitanen & Ritschkoff, 1991
Tre (ubehandlet)	13 mnd, bedømt etter 4, 7, 10 og 13 mnd.	Hallenberg & Gilert, 1986
Tre (ubehandlet)	ca 45 uker, bedømt hver 14-15 uke.	Hallenberg & Gilert, 1987
Tre (ubehandlet)	bedømt etter 3(6) og 7 (10) mnd	Hallenberg & Gilert 1988
Trebaserte bygningsplater	4 uker, bedømt hver uke	Bjurman & al, 1987
Trebaserte bygningsplater	3 uker	Bjurman & al, 1987 (minikammer)
Malte plater	12 uker, avlesning hver 2. uke	BS 3900
Tekstiler	2 eller 4 uker	BS 6085
Bygningsplater	4 uker	BS 1982
Tre (ubehandlet)	4 eller 8 uker	Land, 1986
Trebaserte plater	3 uker (1) 4 uker, bedømt hver uke (2) 6 mnd, bedømt hver uke 10 uker, bedømt hver uke	1. Wang, 1992 (minikammer) 2. ---***--- (standard muggkammer) 3. ---***--- (kunstig krypkjeller) 4. ---***--- (fuktammer)

A.7.4 Bedømming

De fleste tester og undersøkelser baserer seg først og fremst på et visuelt anslag av hvor stor del av overflaten som er bevokst. Slike anslag kan vanskelig bli annet enn omtrentlige, og det er vanskelig å sammenligne mellom prøver der veksten har ulikt mønster og karakter. Det kan være enkelte store eller mange små felter med soppvekst, og mens enkelte sopparter danner et tynt mycel som sitter tett tiltrykt overflaten, har andre sopparter kraftig farget mycel som er langt lettere å oppdage ved en visuell undersøkelse. Fargen og strukturen til underlaget vil også ha betydning for hvor lett det er å oppdage vekst. Metoden med å skrape muggvekst fra overflaten, slemme dette opp i vann og undersøke et definert volum av denne suspensjonen i mikroskop (Hallenberg & Gilert, 1986-88) vil løse enkelte av disse problemene, men innfører samtidig usikkerhe om avskrapning utføres likt hver gang, vanskeligheter med avskrap av glatte i forhold til ru overflater, etc.

Tabell A.7.4 Evalueringsmetoder fra ulike muggundersøkelser.

Materiale	Vurdering	Referanse
Tre (ubehandlet)	Mikroskop - visuelt, 6 delt skala	Viitanen & Ritschkoff, 1991
Tre (ubehandlet)	Avskrapning - lupe +mikroskopi 3-delt skala (sparsom - middels - rikelig), oppdyrking	Hallenberg & Gilert, 1986.
	Avskrapning - lupe +mikroskopi 3-delt skala (sparsom - middels - rikelig)	Hallenberg & Gilert, 1987
	Avskrapning, lupe og mikroskopi, 4-delt skala (0-3)	Hallenberg & Gilert, 1988
Trebaserte bygningsplater	Visuell (+lupe) 5-delt skala (0-4)	Bjurman & al, 1987
Trebaserte bygningsplater	Diameter av misfarging	Bjurman & al, 1987, minikammer
Tekstiler	Visuell + lupe, 6-delt skala (0-5) Styrketap	BS 6085
Bygningsplater	Visuell + lupe, 6-delt skala (0-5)	BS 1982
Tre (ubehandlet)	vekst / ikke vekst 6-delt skala for overflate dekket av mycel 6-delt skala for overflate med sporulering	Land, 1986
Trebaserte plater	Diameter misfarging Visuell, 5-delt skala (0-4) ---***--- Visuell + lupe, 6-delt skala (0-5)	Wang, 1992 (minikammer) ---***--- (standard muggkammer) ---***--- (kunstig krypkjeller) ---***--- (fuktkammer)

Ved undersøkelse av malte prøver eksponert utendørs har Mycoteam tidligere benyttet undersøkelse i stereolupe utstyrt med rutenett, der antall ruter med sopp tilstede ble benyttet som variabel. Dette gir en relativt "operatøruavhengig" tallfesting av soppveksten, og et godt bilde av forholdet mellom ulike prøver innen et visst område. Ved kraftig begroing vil sopp være tilstede i alle rutene, og det vil ikke være mulig å skille mellom grader av kraftig begroing.

Mycoteam har også benyttet oppdyrking ved sammenligning av isolasjonsmateriale. Ved at sporer vaskes ut av prøvene med vann kan det gjennom telling eller oppdyrking slås fast om det skjer vekst / sporulering av sopp. Dette kan være en måte å undersøke vekst som foregår inne i et porøst prøvemateriale. Sammenligning mellom ulike materialer krever at det må være tilnærmet like lett å vaske ut sporer fra dem. Sammenligning mellom ulike sopparter er vanskelig fordi noen produserer svært mange sporer på kort tid, mens andre bruker langtid på å danne noen få sporer.

En god hjelp for analysen vil være å utvikle metoder for automatisk analyse ved hjelp av elektronisk bildebehandling, og for eksempel bruke prosentandel av overflaten som er dekket med soppmycel som variabel. Til statistisk bruk har dette dessuten den fordelen at variabelen er kontinuerlig og rimelig lineær, i motsetning til de kategoriske variablene som ofte er i bruk. Dessverre er det ikke mulig å gjennomføre noen utvikling av slike metoder inne rammen av prosjektet.

A.8 Referanser

Anon. 1970

Standard practice for determining resistance of synthetic polymeric materials to fungi.
American Society for Testing Materials ASTM G 21-70.

Anon. 1976

Standard method of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures.
American Society for Testing Materials. D1413-76.

Anon. 1982.

Standards practice for developing accelerated tests to aid in the prediction of the service life of building components and materials.

American Society for Testing Materials. E 632-82.

Anon. 1986

Standard method of evaluating wood preservatives by field test with stakes
American Society for Testing Materials 1758-86.

Anon. 1979

Mykologisk provning av träskyddsmedel mot blånad och mögel på nysågat virke. Minibräddmetoden

Nordiska träskyddsrådet standard 1.4.1.3/79.

Anon. 1992.

Determination of the resistance of textiles to microbiological deterioration.
British Standard Institution. BS 6085.

Anon. 1989.

Assessment of resistance to fungal growth.
British Standard Institution. BS 3900: G6.

Anon. 1990

Fungal resistance of panel products made of or containing materials of organic origin. Part 3. Methods for determination of resistance to mould or mildew
British Standard Institution. BS 1982.

Bjurman, J., B. Henningsson & Q. Wang 1987

Undersökning av olika träbaserade skivors "mögelpåväxtnägenhet".

Treteknik Centrum. Rapport P 8703020. Stockholm.

Hallenberg, N., & E. Gilert 1986

Mögelpåväxt på trä. Fuktkammarförsök med byggnadsvirke.

Statens Provningsanstalt. Arbetsrapport SP-ET 1986:1. Borås.

Hallenberg, N., & E. Gilert 1988

Betingelser för mögelpåväxt på trä. Klimatkammarstudier

Statens Provningsanstalt. Rapport 1988:57. Borås.

Hallenberg, N., & E. Gilert 1987

Mögelpåväxt på trä. Byggforskningsrådet, Rapport R94:1987.

Land, C. J. 1986

Growth of *Penicillium verrucosum* var *cyclopium* and *P. roquefortii* on Scots pine (*Pinus sylvestris*) at different temperatures in relation to felling time, air drying, kiln drying and wet storage.

Studia Forestalia Suecica.

Land, C. J. 1986

Studies on wood-associated moulds causing discoloration and production of mycotoxins on softwood timber in Sweden, with special emphasis on cold-tolerant organisms.

Dissertation, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Pitt, J. I., & A. D. Hocking. 1985.

Fungi and Food Spoilage.

Academic Press, Sydney.

Samson, R. , & E. S. van Reenen - Hoekstra. 1988.

Introduction to food-borne fungi.

Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn.

Viitanen, H., & A.-C. Ritschkoff 1991

Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature.

Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära, Rapport 221, Uppsala.

Wang, Q. 1992.

Wood-based boards - - Response to attack by mould and stain fungi.

Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Academic dissertation.

VEDLEGG 3.2 METODEUTPRØVING

A.1 Materiale og metoder

A.1.1 Prøvemateriale

Det ble benyttet fire prøvematerialer i utprøvingen: Gipsplate, mineralull, bygningspapp og plastfolie. Prøvene ble kuttet opp til biter på omlag 50 x 65 mm. Gipsplate, papp og plastfolie ble brukt i opprinnelig tykkelse, mens mineralullen ble delt opp i ca 1 cm tykke biter. Det ble laget hull ca 2 cm fra midten av den ene kortsiden.

A.1.2 Forurensning

Det ble produsert "byggstøv" ved at gipsplate og ytved av furu ble filt med en rasp, og av mineralull ved at en glassullmatte ble snittet gjentatte ganger med kniv. Det resulterende støvet ble siktet gjennom en sikt med maskevidde ca 0.5 mm. 1 gram trestøv og 1 gram gipsstøv ble blandet i 50 ml vann tilsatt 0.05 % Tween 80 som dispergeringsmiddel. 0.1 ml av denne suspensjonen ble påført prøver av de ulike materialene ved hjelp av kromatografispray.

A.1.3 Oppfukting

Et utvalg av prøver ble oppfuktet ved at de ble senket i et kar med destillert vann og holdt neddykket ved hjelp av vekter som ble plassert på glasstaver over prøvene. Etter 1 times nedsenkning ble prøvene tatt opp, og stilt vertikalt i 10 minutter for innsmitting.

A.1.4 Kulturer

Kulturer fra International Mycological Institute og Mycoteams egen kultursamling ble brukt. Artene som ble brukt er gitt i tabell 1.1.4.

Tabell 1.1.4. Kulturer brukt til innsmitting av prøver

"British standard"		"Isolater fra norske skadetilfeller"	
Isolat	Art	Isolat	Art
IMI 4554	<i>Aspergillus versicolor</i>	93014	<i>Penicillium</i> sp.
IMI 45533	<i>Aureobasidium pullulans</i>	93015	<i>Stachybotrys chartarum</i>
IMI 178517	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	93016	<i>Stachybotrys chartarum</i>
IMI 178519	<i>Penicillium purpurogenum</i>	93017	<i>Aspergillus</i> sp.
NCYC 1639	<i>Rhodotorula mucilaginea</i>	93019	<i>Penicillium</i> sp.
NCYC 717	<i>Sporobolomyces roseus</i>	93020	<i>Penicillium</i> sp.
IMI 82021	<i>Stachybotrys chartarum</i>	93023	<i>Hormoconis resinae</i>
IMI 079906	<i>Ulocladium atrum</i>	93025	<i>Ulocladium atrum</i>
IMI 049948	<i>Phoma violacea</i>	93026	<i>Aspergillus versicolor</i>
		93027	<i>Penicillium</i> sp.
		93028	<i>Wallemia sebi</i>
		93029	<i>Verticillium</i> sp.
		93030	<i>Verticillium</i> sp.

Tabell 1.1.4.
fortsettes.

93031	Oidodendron sp
94014	Mucor plumbeus
94015	Rhizopus rhizopodioides
94022	Aspergillus niger

A.1.5 Sporesuspensjon

Kulturene oppbevares på maltagar ved 4°C. 3-4 uker før forsøksstart ble disse podet over på maltagar og dyrket ved 20°C. Ved forsøksstart ble sporer fra disse agarplatene skylt med vann tilsatt 0,05 % Tween 80. Overflaten ble forsiktig skrapet med en spatel for å lette frigjøringen av sporer. Den resulterende sporesuspensjonen ble filtrert gjennom et Schleicher & Schüll 589/3 filterpapir for å fjerne hyfebiter og større klumper av sporer. Sporetettheten ble bestemt ved telling i hemocytometer, og fortynt med destillert vann tilsatt 0,05 % Tween 80 til en sporetetthet på ca 10⁴ sporer / ml.

A.1.6 Innsmitting

Sporesuspensjonene ble benyttet enkeltvis og i blanding. Ca. 0,1 ml sporesuspensjon ble sprøytet på hver side av hver prøve med Duran kromatografispray. Samme innsmitting ble gjort av skåler med maltagar, for kontroll av sporetetthet.

A.1.7 Prøvekammer

Det ble benyttet plastbokser av størrelse 22 x 30 x 12 cm. I bunnen av hvert kar ble det fylt mettet løsning av NaCl, KCl eller rent vann slik at dybden av væsken ble omlag 2 cm. 3 cm fra toppen av karet ble det anordnet opplegg for langsgående glassstaver. Prøvene ble tredd inn på disse glassstavene og hengt på plass.

A.1.8 Inkubering

Karene ble inkubert i mørke ved 5°C, 14°C og 23°C.

A.1.9 Evaluering

Prøvene ble evaluert visuelt og ved hjelp av stereolupe ved 32-50x forstørrelse etter en skala fra 0-5 som beskrevet i BS 3900 G6. Etter avslutning av forsøket ble prøvene i tillegg undersøkt mikroskopisk.

A.2 Resultater

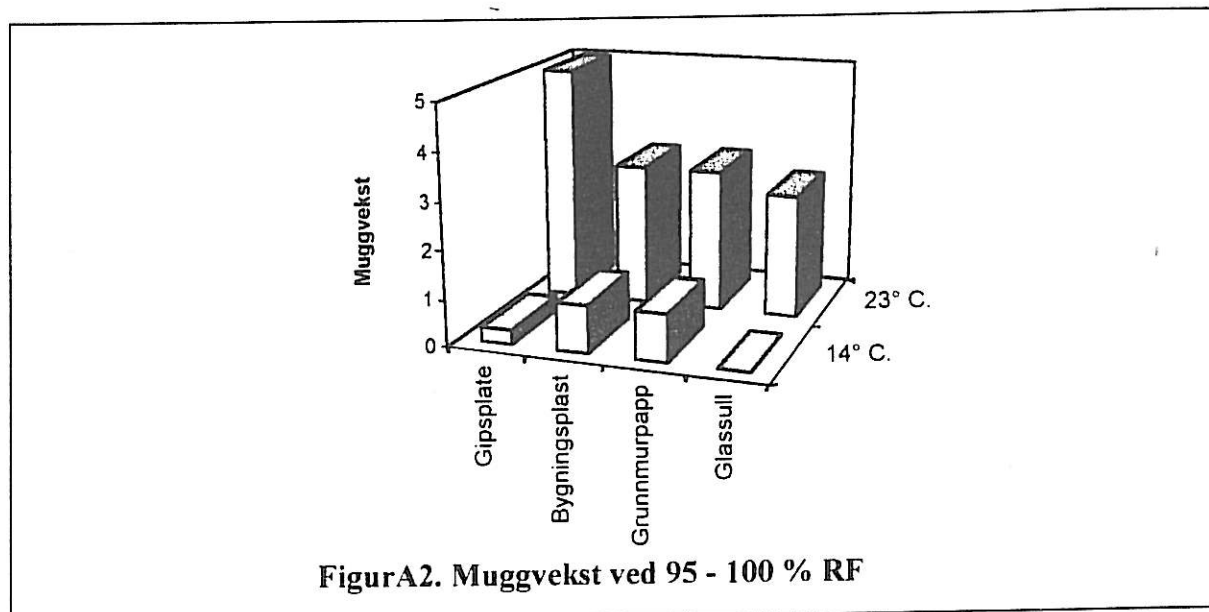
Resultatene er oppsummert i figur A.2.

Det viste seg at kammerne ved 5°C ikke var tilstrekkelig isolert, slik at det oppsto temperatur- og fuktforskjeller i kammerne. Resultatene fra denne temperaturen er derfor upålitelige, og er ikke oppgitt.

A.3 Diskusjon

A.3.1 Innsmitting

Det var ikke uten betydning hvilke kulturer og sporekonsentrasjoner som er valgt. Dette fremgår av at det er forskjeller mellom de ulike innsmittingene som er gjort. Samtidig er det registrert vekst også på prøver som ikke ble smittet inn med sporesuspensjon. Dette tyder på at innsmitting i seg



Figur A2. Muggvekst ved 95 - 100 % RF

Ved innsmittingen under metodeutprøvingen ble sporesuspensjonen sentrifugert slik at eventuelle næringsstoffer kunne vaskes bort før innsmitting. Imdertid viste det seg at de aller fleste artene ga en svært stor sporemengde i "primærsuspensjonen", slik at denne måtte fortynnes sterkt (opptil 1:20 000) for å gi det riktige antall sporer pr millimeter. Dermed blir effekten av en slik forbehandling liten. Idet agaren i utgangspunktet inneholder 2% malt kan konsentrasjonen av løste næringsstoffer i suspensjonen knapt overskride 1%. Med en fortyning på totalt 1:500 og en påsprøytet mengde på 0,1 g pr prøve gir dette maksimalt 0,000 002 g/prøve eller mindre enn 0,05 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^2$. Denne mengden vil neppe gi dramatiske utslag i testen, og vi foreslår at sentrifugeringen utelates i testmetoden.

En annen faktor som taler for å utelate sentrifugering er at enkelte av artene, spesielt *S. chartarum* ikke sedimenterte effektivt ved 1250 x G i 15 minutter. Dette skyldes formidletlig at den spesifikke vekten til disse sporene ligger svært nær vannets.

Det ble også registrert at arter med store sporer, spesielt *Ulocladium* sp. ble fanget opp i filterpapiret. Ved tillagning av sporesuspensjon med disse artene, bør man istedet filtrere suspensjonen gjennom gas. Innsmitting med kromatografispray fungerte tilsynelatende greit.

A.3.2 Forurensning

Det "kunstige byggestøvet" som ble brukt i metodestudien, viste seg vanskelig å "spraye på" på en reproducerbar måte, fordi partiklene i suspensjonen tettet igjen dysene både på kromatografispray og pumpeflaske. Dersom slik forurensning skal utføres videre, må suspensjon dryppes på eller påstrykes med pensel e.l. Eventuelt må det benyttes et spray-system med stor dyseåpning.

A.3.3 Inkubering

Vertikal ophenging av prøvebiten gjør det mulig å undersøke 18 - 24 prøver pr kammer. Dette gir god utnyttelse av inkubatorer klimarom, og er svært gunstig i forhold til for eksempel BS 1982, der en inkubator med 30 cm diameter vanskelig kan gi plass for mer enn fire prøver.

Ved inkubering av kammeret med 95-100 % relativ fuktighet oppstår det kondens på lokket. Dette kondensvannet kan drype ned på prøvene, noe som er uheldig. Lokket må derfor gis en utforming

A.3.4 Temperatur og fuktighet

Det ble ikke registrert soppvekst på noen av prøvene ved 75% RF, og denne fuktigheten kan trolig fjernes fra forsøksoppsettet. Ved så lav fuktighet er det kun et lite antall sopparter som kan utvikle seg, og utviklingen er svært langsom. Trolig stiller de fleste av disse artene dessuten så store krav til tilgjengelighet av næring, at de fleste bygningsmaterialer vil være trygge mot muggvekst på dette nivået. Prøvene ved 5°C viste tydelig at muggsopp kan utvikle seg ved slik temperatur. Imidlertid viser beregninger av temperatur i konstruksjoner at så lav temperatur sjelden vil forekomme i de aktuelle konstruksjonene. Ved videre forsøk anbefales det derfor å konsentrere seg om det kritiske området mellom 85% og 100% RF ved moderate temperaturer.

A.4 Konklusjoner

I de videre forsøk bør det benyttes både sporesuspensjon i henhold til anerkjent standard og representanter for arter som er registrert i skadetilfeller fra tilsvarende konstruksjoner. Temperaturen velges til 14°C, mens fuktnivåer velges fra 80% og oppover.

Inntil mer presis kunnskap om nivåer av muggsopp og helseeffekter finnes og mer presise evalueringsmetoder er utviklet, bør hovedvekten i tolkningen av resultatene legges på om testforholdene tillater vekst og sporedannelse av muggsopp eller ikke. Relativt mengdeforhold må anses som mindre interessant.

VEDLEGG 3.51 a Beregningsprogram for fukt- og varmetransport



Fukt i bygningsmaterialer og konstruksjoner

Et forskningsprogram i samarbeid mellom NBI-Norges byggforskningsinstitutt og BAT-Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH med støtte fra NFR - Norges forskningsråd

NOTAT

MATCH - dataprogram for simulering av fukt i konstruksjoner

Anvendelse/generelt

MATCH er en forkortelse for Moisture and Temperature Calculations for Constructions of Hygroscopic Materials (Beregning av fukt- og varmetransport i konstruksjoner av hygroskopisk materiale).

MATCH er et 1-dimensjonalt "Varme & Fukt"-program, dvs. det regner med varme-, damp- og vanntransport. Programmet tar altså ikke hensyn til transport av varme og fukt i konstruksjonen pga. konveksjon (lufttransport). Av viktige klimabelastninger tar programmet ikke hensyn til slagregn. MATCH er likevel forholdsvis generell, dvs. det kan brukes for mange typer konstruksjoner. Unntak gjelder blant annet for konstruksjoner med ventilerte hulrom eller liten luftmotstand, konstruksjoner med en komplisert geometri (2D/3D) og konstruksjoner (og steder) hvor slagregn betyr mye for fukttransporten.

Både fukt- og temperaturfordelinger beregnes ikke-stasjonært, dvs. at man tar hensyn til materialenes termiske og fuktmessige kapasiteter. Ved at tiden deles opp i trinn på maks. 1 time, er det dessuten mulig å ta hensyn til den betydning kortvarige klimabelastninger som f.eks. solstråling har på varme- og fukttransporten.

Oppbygging av MATCH

Programsystemet består av tre uavhengige program; preprosessoren PREMATCH, selve hovedprogrammet MATCH og postprosessoren MATCHGRAPH.

I PREMATCH beskrives konstruksjonen, materialdata, klimadata og beregningsforutsetningene, og en input-fil til hovedprogrammet blir generert. Materialdata kan enten hentes direkte fra programmets egen materialdatafil eller defineres av brukeren ved å forandre på selve filen. Ytre klimadata hentes fra ferdiglagde værdatafiler, mens inneklimate blir definert i PREMATCH eller hentes fra en klimafil tilsvarende som for ytre klimadata.

I MATCH kjøres selve beregningene, og endel resultatfiler blir generert. Det kan være resultatfiler for temperatur, RF, damptrykk, fuktinnhold, varmetransport og fukttransport i og gjennom forskjellige konstruksjonslag som funksjon av tiden, alt etter hva som på forhånd er valgt i PREMATCH. Postprosessoren MATCHGRAPH brukes til å få frem grafiske presentasjoner av beregningsresultatene, men det er selvfølgelig også mulig å presentere resultatene vha. et regneark.

Beregningsprinsipp

Som basis for beregningene benyttes en kontrollvolum metode hvor konstruksjonslagene er inndelt i ett eller flere kontrollvolum, og tiden er inndelt i steg på 1 time eller mindre. Utgangspunktet for beregninger over et tidssteg er de eksisterende verdiene for temperatur, damptrykk og fuktinnhold. Når disse er kjent i alle kontrollvolumene, kan programmet beregne varme- og fukttransport inn og ut av hvert enkelt

Moisture in building materials and constructions - a joint research programme between:

Norwegian Building Research Institute
Trondheim Division, Høgskoleningen 7,
N-7034 TRONDHEIM, Norway
Before 28.10.93: Phone: +47-7-593390 Fax: +47-7-593380
After 28.10.93: Phone: +47-7-593390 Fax: +47-7-593380

Department of Building and Construction Engineering
Norwegian Institute of Technology, Atr. Getz vei 3
N-7034 TRONDHEIM, Norway
Before 28.10.93: Phone: +47-7-594640 Fax: +47-7-594506
After 28.10.93: Phone: +47-7-594640 Fax: +47-7-594506

volum, samt hvor mye varme og fukt som lagres. Dermed kan nye verdier for temperatur, damptrykk og fuktinnhold beregnes for hvert kontrollvolum.

Transportmekanismer og beregningsmodell

Damptransport beregnes etter Ficks lov (diffusjon), med damptrykk som potensiale. Fukttransport i dampfasen pga. konveksjon (lufttransport) inne i konstruksjonen blir ikke tatt med. Derimot beskrives overflatetransport av damp som en konveksjonsprosess som er avhengig av vinden. Materialenes fuktkapasitet for damp beregnes vha. sorpsjonsisotermene.

Væsketransport (kapillarsuging) beskrives vha. Darcys lov med suction ("sugekraft") som potensiale. Materialenes fuktkapasitet for vann beregnes vha. suctionkurvene.

Varmetransport beskrives vha. Fouriers lov, med temperatur som potensiale. Transport av latent varme (fordamping/kondensasjon) blir tatt med som en korreksjon til temperaturprofilens utvikling.

For å styre transportfenomenene bruker MATCH følgende en-dimensjonale differensialligninger:

Varmeligning:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) - \Delta h_v \frac{\partial}{\partial x} \left(\delta \frac{\partial p_v}{\partial x} \right)$$

Fuktligning:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\delta \frac{\partial p_v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial P_i}{\partial x} \right)$$

hvor

- ρ = materialets tørrdensitet [kg/m³]
- c_p = spesifikk varmekapasitet for tørt materiale [J/kgK]
- T = temperatur [K]
- t = tid [s]
- k = termisk konduktivitet [W/mK]
- x = en-dimensjonal romkoordinat [m]
- Δh_v = fordampningsvarme [J/kg]
- δ = damppermeabilitet [kg/msPa]
- p_v = vanddampens partialtrykk [Pa]
- u = fuktinnhold [kg/kg]
- K = hydraulisk konduktivitet [kg/msPa]
- P_i = væsketrykk [Pa]

Materialdata

I en egen materialdatafil er det lagret termiske og fuktmessige verdier for over 70-80 vanlige byggematerialer. Alle transport- og kapasitetsverdier er funksjoner av fuktinnhold og temperatur. Materialparametrene er:

- densitet, varmekapasitet, termisk konduktivitet, damppermeabilitet, konstanter for sorpsjons- og suctionkurver, hydraulisk konduktivitet og strålingsdata for overflater.

I MATCH er det mulig å ta hensyn til hystereseeffekten til sorpsjonskurvene, ved å bruke enten oppfuktings- eller uttørkingskurven eller ved å benytte en empirisk beskrivelse av effekten. Modelleringen av suctionkurvene baseres på et materiale med to porestørrelser, hvorav kun den ene poretypen blir fylt av vann under oppfukting. Også for suction blir hystereseeffekten tatt hensyn til. Videre gis alle hygroskopiske materialer en initialverdi for fuktinnhold som tilsvarer 80% relativ fuktighet på sorpsjonskurven (desorpsjon). I PREMATCH er det dessuten også mulig å oppgi en annen initialverdi for fuktinnholdet for hvert enkelt konstruksjonslag.

Klimadata

Utendørs klima må beskrives i detalj i en egen værdatafil. Værdatafilen inneholder timeverdier for alle aktuelle klimaparametre (transformert om til et eget MATCH-format). Som værdatafil kan en f.eks. benytte såkalte test-reference-year (TRY) som er utarbeidet til bruk for energiberegningsprogrammer. Andre værdatafiler som MATCH kan benytte er f.eks. reelle meteorologiske data, målte verdier fra et spesifikt prosjekt eller et såkalt design-reference-year konstruert spesielt med tanke på fuktberegninger. For å modifisere strålingsdataene er det mulig å lage spesielle filer som definerer skyggeprofiler.

Følgende klimaparametre må tas med i værdatafilen:

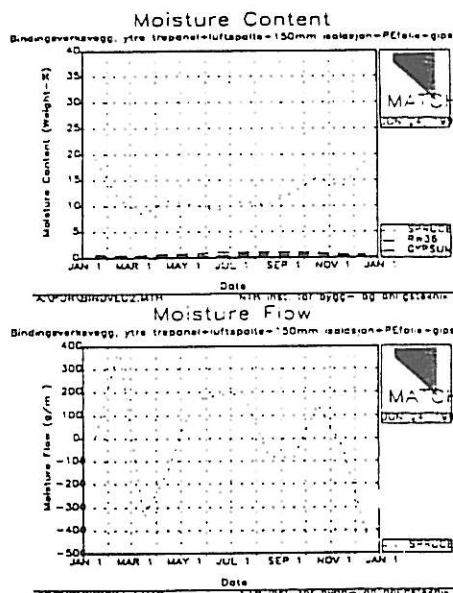
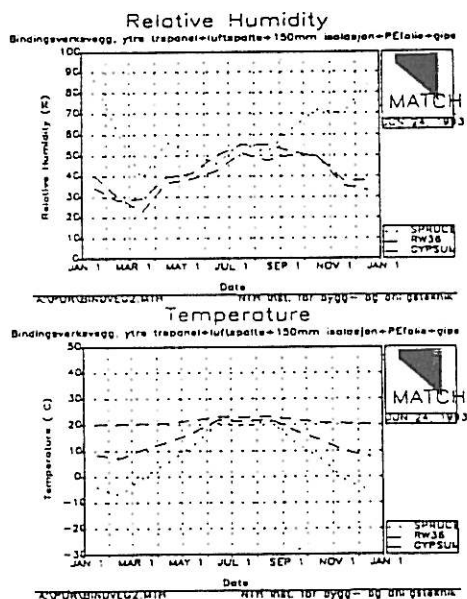
- Lufttemperatur,
- duggpunkttemperatur,
- strålingsparametre (global- og diffus stråling, skydekkefaktor) og vindhastighet.

Nedbør (slagregn) blir altså ikke tatt med som klimabelastning.

Det kan også lages værdatafiler som inneholder timeverdier for kun lufttemperatur og relativ luftfuktighet både utendørs og innendørs. I tillegg er det mulig å definere utendørs klima som konstant, hvor lufttemperatur og relativ fuktighet er konstanter.

Inneklima kan beskrives i PREMATCH med månedsvise konstante verdier for lufttemperatur og relativ fuktighet. I stedet for konstant verdi for relativ fuktighet er det mulig å oppgi en verdi som uttrykker forskjellen i fuktkonsentrasjon mellom ute og inneluft (innendørs fuktkilde).

Eksempler på resultater



Referanser

- 1 MATCH Manual (ver. 1.4)
- 2 Pedersen, Carsten Rode: "Combined Heat and Moisture Transfer in Building Constructions", Thermal Insulation Laboratory, Technical University of Denmark, Report no.214, Sept. 1990.
- 3 Pedersen, Carsten Rode: "Transient calculation of moisture migration using a simplified description of hysteresis in the sorption isotherms", Proceedings of the 2nd Symposium Building Physics in the Nordic Countries, Trondheim, aug. 20-22, 1990.

Stig Geving
 Institutt for bygg- og anleggsteknikk

NTH, 13.juli 1993

VEDLEGG 3.51 B Beregningsprogram for varmetransport

COMPUTER MODELS FROM BUILDING PHYSICS, LUND

Dept. of Building Physics, University of Lund.
 Box 118, S-221 00 LUND, Sweden.
 Telephone + 46 (0)46-10 73 85, Telefax + 46 (0)46-10 45 35



HEAT2 A HEAT TRANSFER PC-PROGRAM

HEAT2 is a PC-program for two-dimensional transient and steady-state heat conduction for objects described in a rectangular grid. It is the latest generation of computer models from our department and based on 20 years of experience. It is well adapted for the following building physics applications:

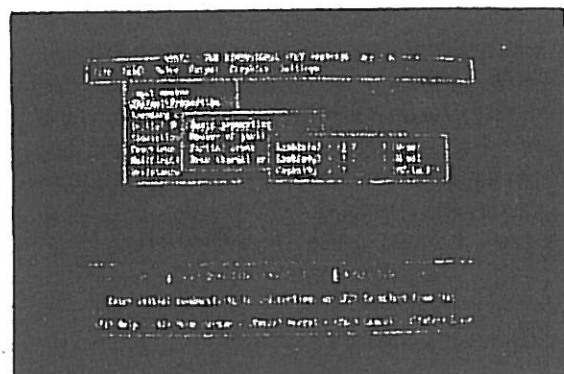
- Determination of the thermal transmittance (U-value) of complex construction elements
- Calculation of floor temperatures and heat losses through basements
- Analysis of thermal bridges
- Optimization of insulation fitting

USER-FRIENDLY ENVIRONMENT

Great efforts have been made to develop a user-friendly interface. Input data is given via an integrated menu system.

The user works with an input mesh which facilitates and minimizes the input procedure. The time to generate the complete input for a reasonably complicated case is less than 10 minutes after a few hours' experience of the program.

It is possible to zoom various graphical pictures showing for example the generated computational mesh or the output temperatures.



The integrated environment of HEAT2

FEATURES

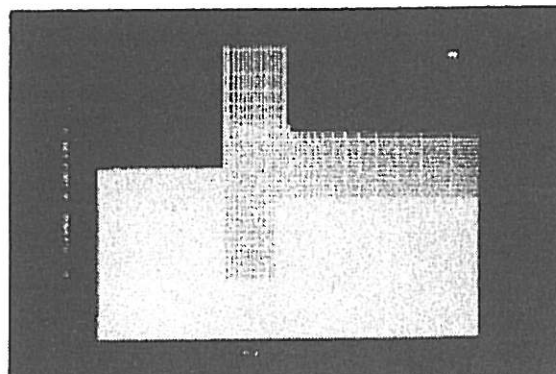
Arbitrary thermal properties and initial temperatures can be specified. Boundary conditions can be variable in time, such as periodic or step-wise constant. *HEAT2* can handle certain internal modifications such as heat sources, internal boundaries with prescribed temperatures and internal regions with fluids of a single temperature. Internal insulation may be specified at cell interfaces. The standard version (for computers with at least 512 Kb RAM) has 3600 computational cells.

NUMERICAL TECHNIQUE

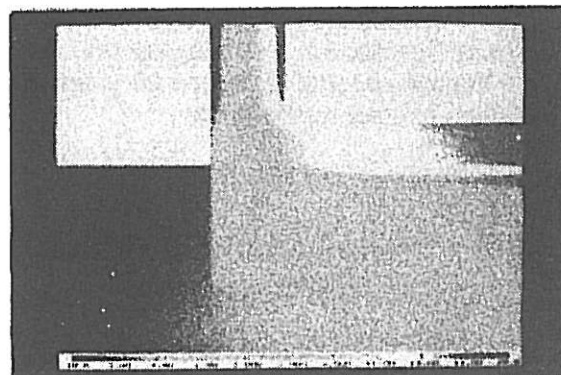
HEAT2 solves the heat conduction equation by the method of explicit finite differences. The computational mesh is chosen by the user, while the time-step is calculated automatically. In the steady-state case, fast computation is achieved by over-relaxation. The time to solve a reasonably complicated steady-state problem with 3000 computational nodes is less than 5 minutes on a 386-based PC. It takes about 1 minute to solve a steady-state problem with 1400 nodes.

SYSTEM REQUIREMENTS

HEAT2 runs on IBM PS/2, PC, XT, AT or close compatibles running DOS 2.0 or later. The required memory is 460 Kb RAM. The program supports several graphics screen standards (IBM 8514/A, VGA, EGA, CGA, Hercules etc.). The highest resolution is obtained with the IBM 8514/A adapter (1024·768 pixels, 256 colors). *HEAT2* uses a math coprocessor if present.



The generated computational mesh for a slab on the ground



The calculated output temperatures for a slab on the ground

HEAT2 is developed by Thomas Blomberg
 Telephone + 46-(0)46-10 45 71
 Telefax + 46-(0)46-10 45 35

VEDLEGG 4.2 Resultater av evaluering av materialer

Materialtype	85 % RF "British standard"	85 % RF "Norske skadetilfeller"	97 % RF "British standard"	97 % RF "Norske skadetilfeller"
Furu	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Kraftig vekst og sporedannelse 3	Kraftig vekst og sporedannelse 3
	Ingen vekst 0	Svak vekst og sporedannelse 1	Kraftig vekst og sporedannelse 3	Kraftig vekst og sporedannelse 2
	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1	Kraftig vekst og sporedannelse 2	Kraftig vekst og sporedannelse 3
Ekspandert polystyren (EPS)	Ingen vekst 0	Sporespining 0	Vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
Ekstruert polystyren (XPS)	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Sporespining 0	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Svak vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Sporespining 0	Svak vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
Polyuretan (støpehud)	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
Polyuretan (skåret flate)	Ingen vekst 0	-	Ingen vekst 0	-
	Ingen vekst 0	-	Svak vekst 1	-
	Ingen vekst 0	-	Svak vekst og sporedannelse 1	-
Glassull	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Svak vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1
Steinull	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Sporespining 0	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Sporespining 0	Ingen vekst 0
Betong	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Vekst og sporedannelse 1	Vekst og sporedannelse 1
	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	Ingen vekst 0	-

VEDLEGG 4.3 Fukt- og varmestrøm. Resultat fra de enkelte beregninger.

Fig. 1 og 2

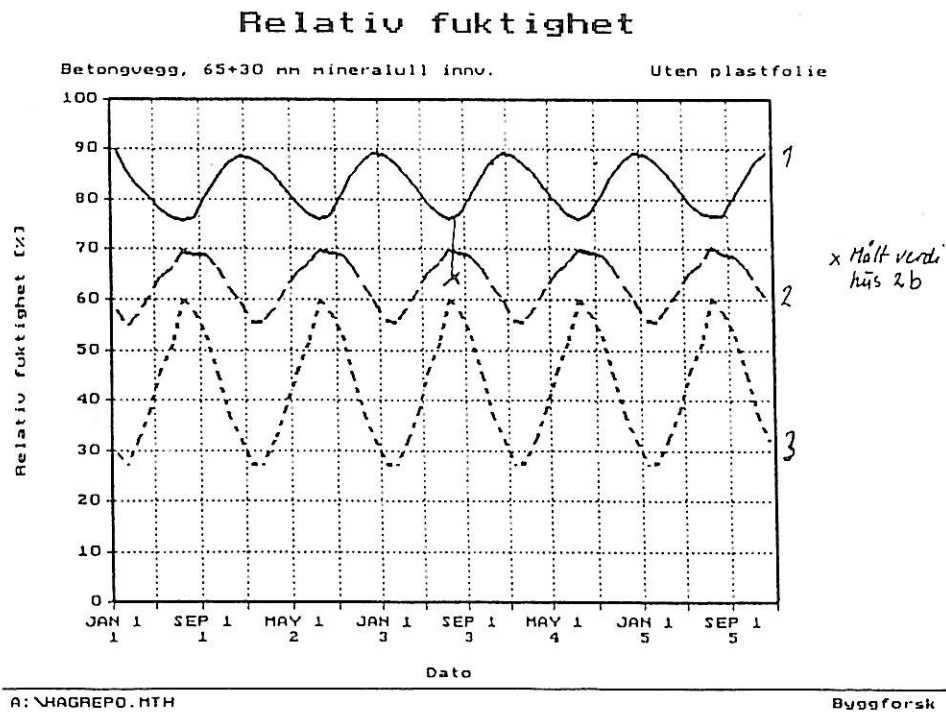
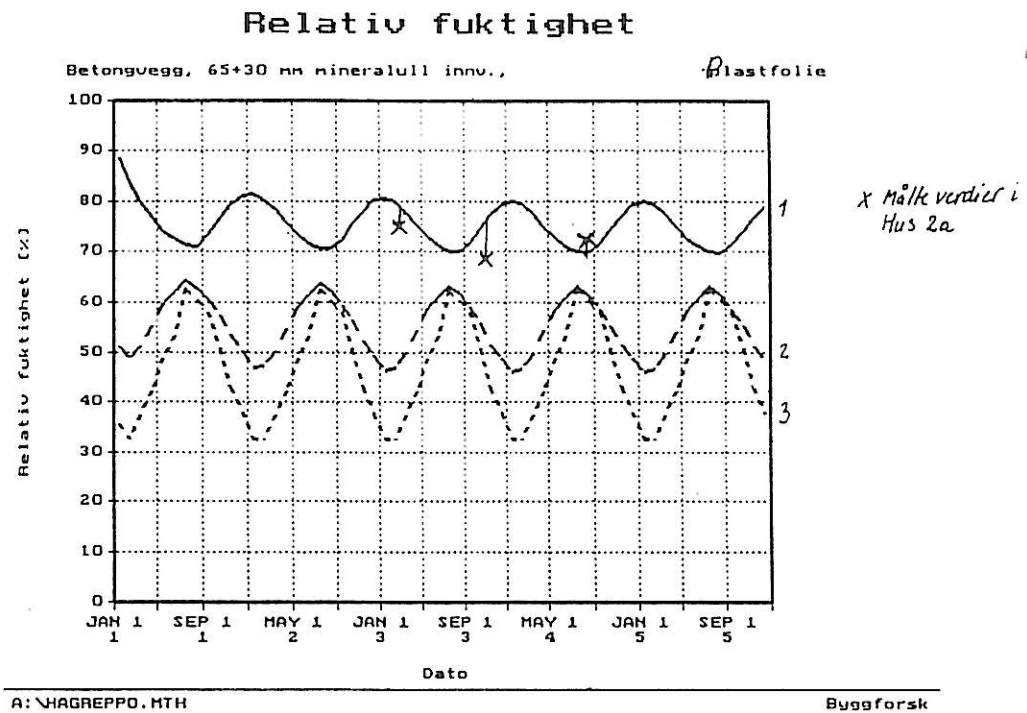
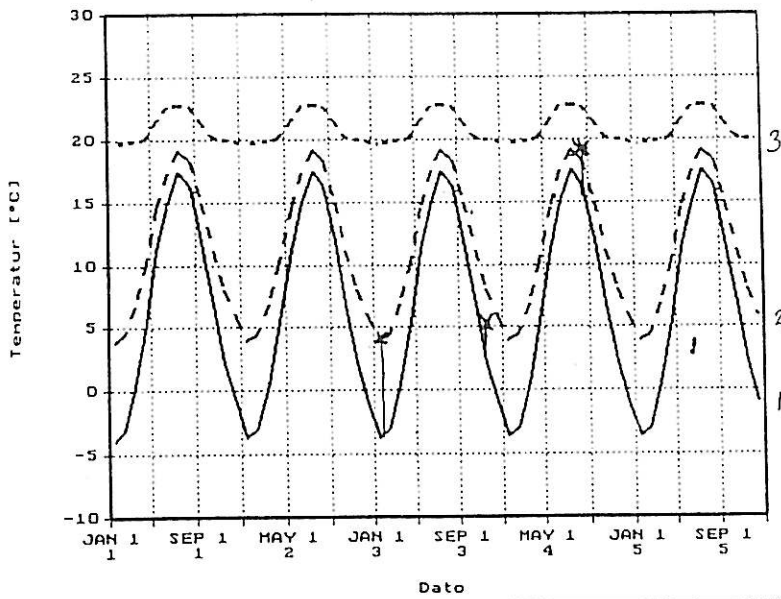


Fig. 3 og 4

Temperatur

Betongvegg, 65+30 mm mineralull innv., 50 mm utv. Uten plastfolie



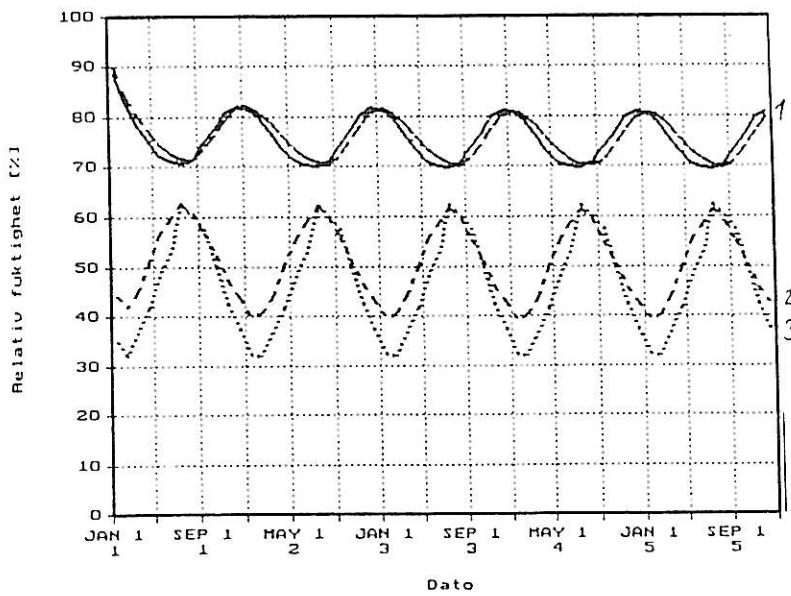
*x Målte verdier
i hus 2a*

A:\HAGREPP0.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, 123 mm mineralull innv. Plastfolie



A:\KJ03A000.MTH

Byggforsk

Fig. 5 og 6

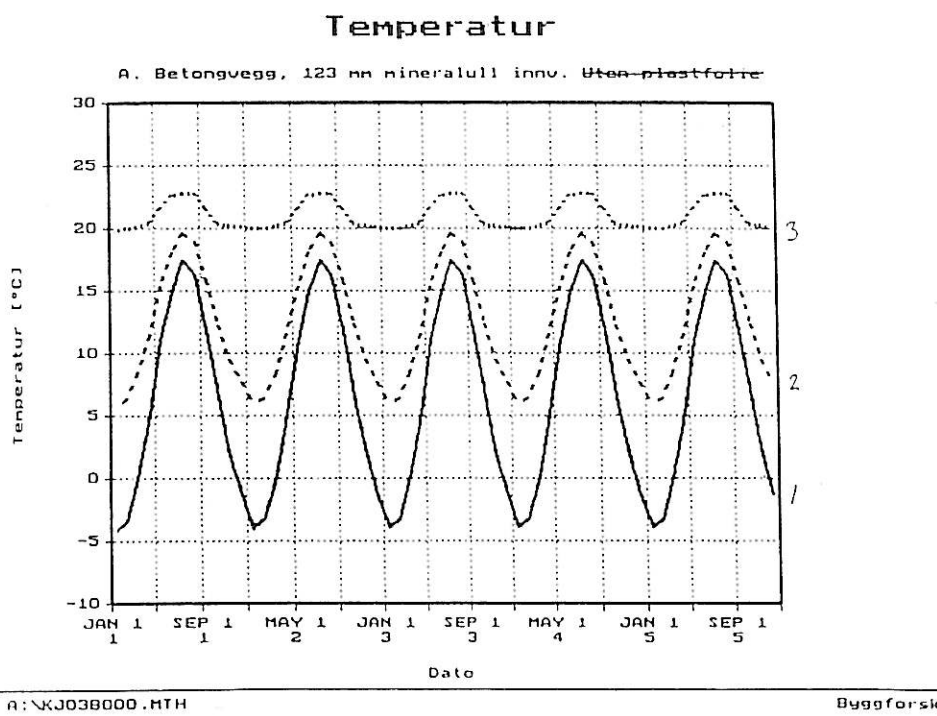
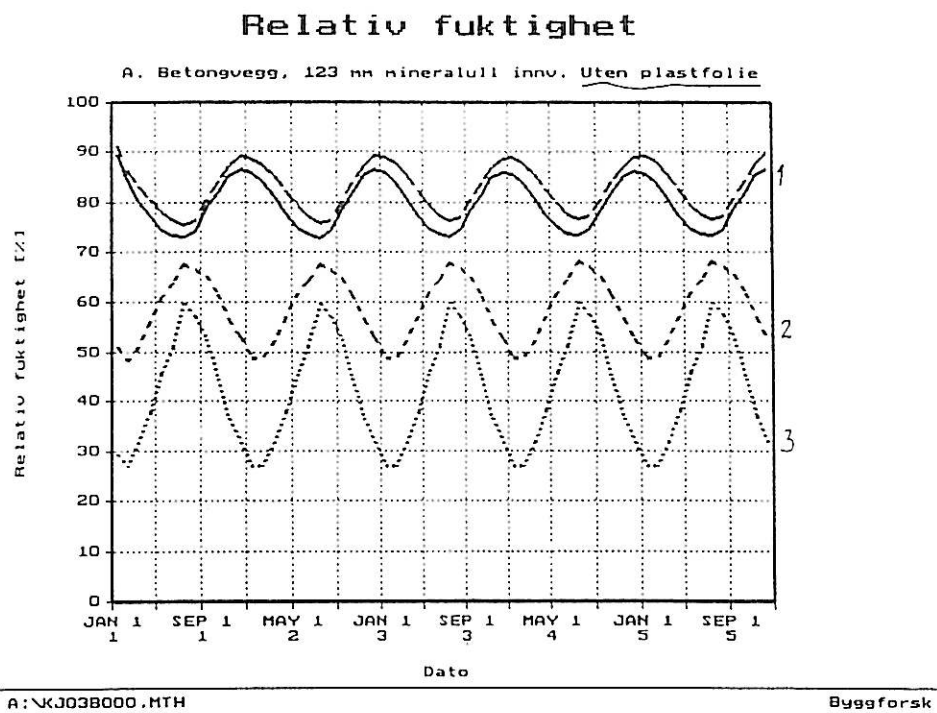


Fig. 7 og 8

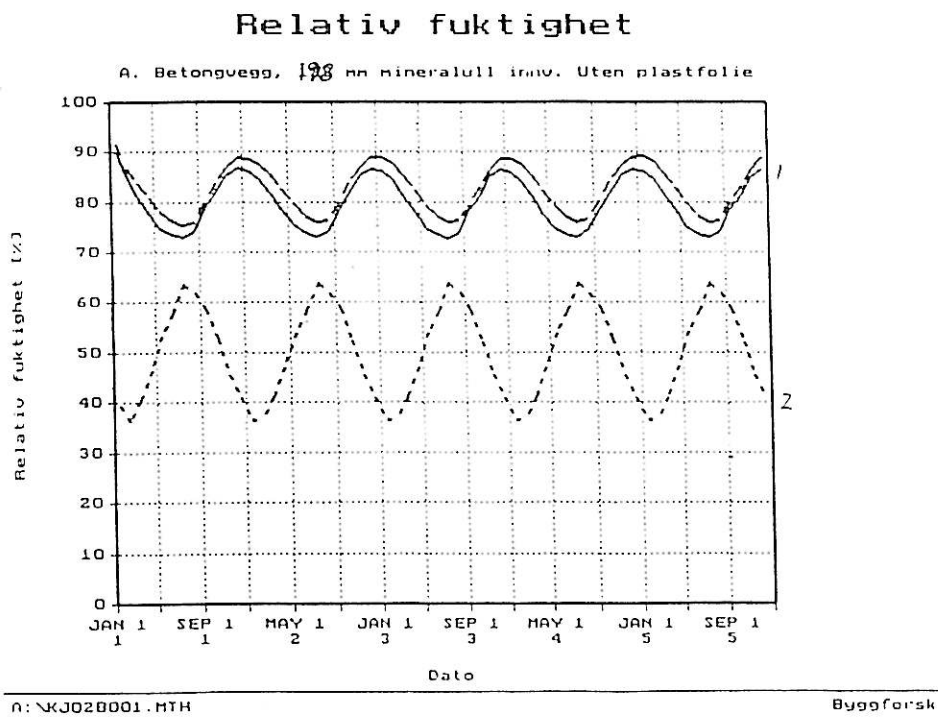
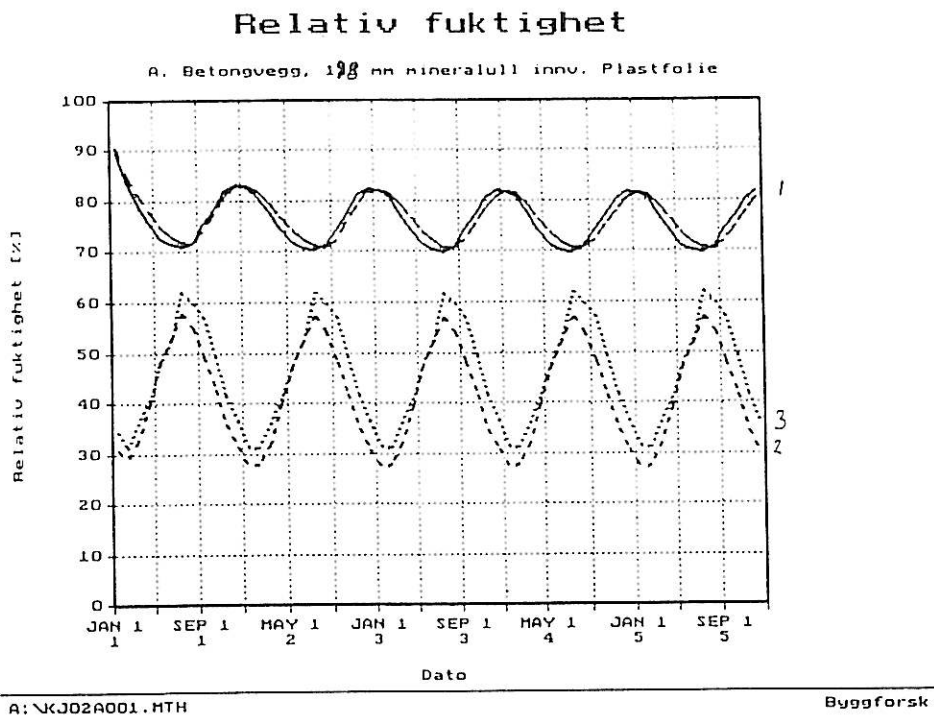


Fig. 9 og 10

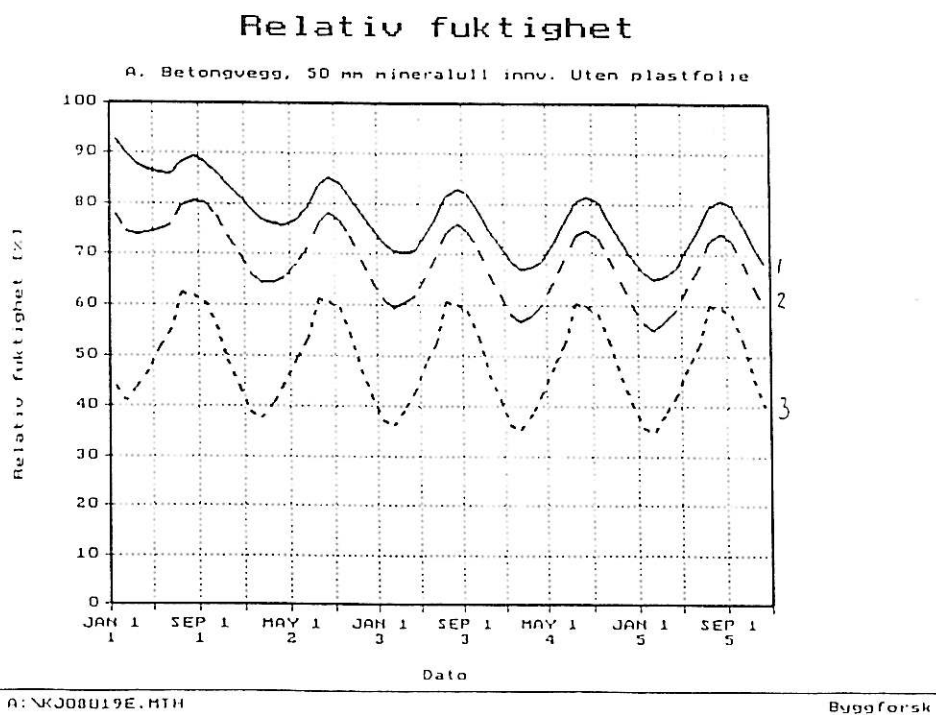
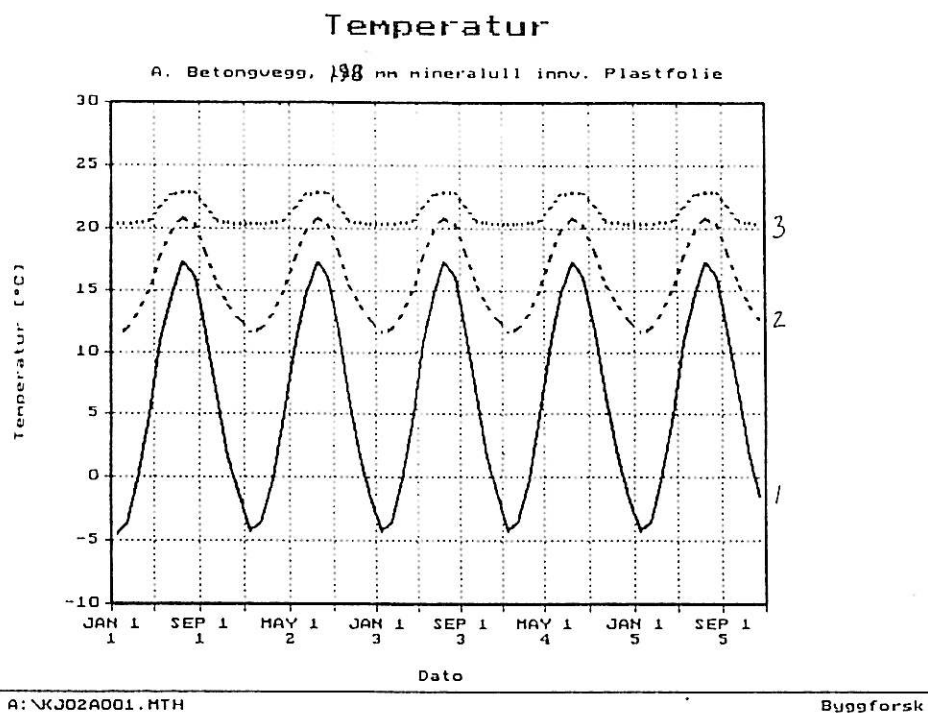


Fig. 11 og 12

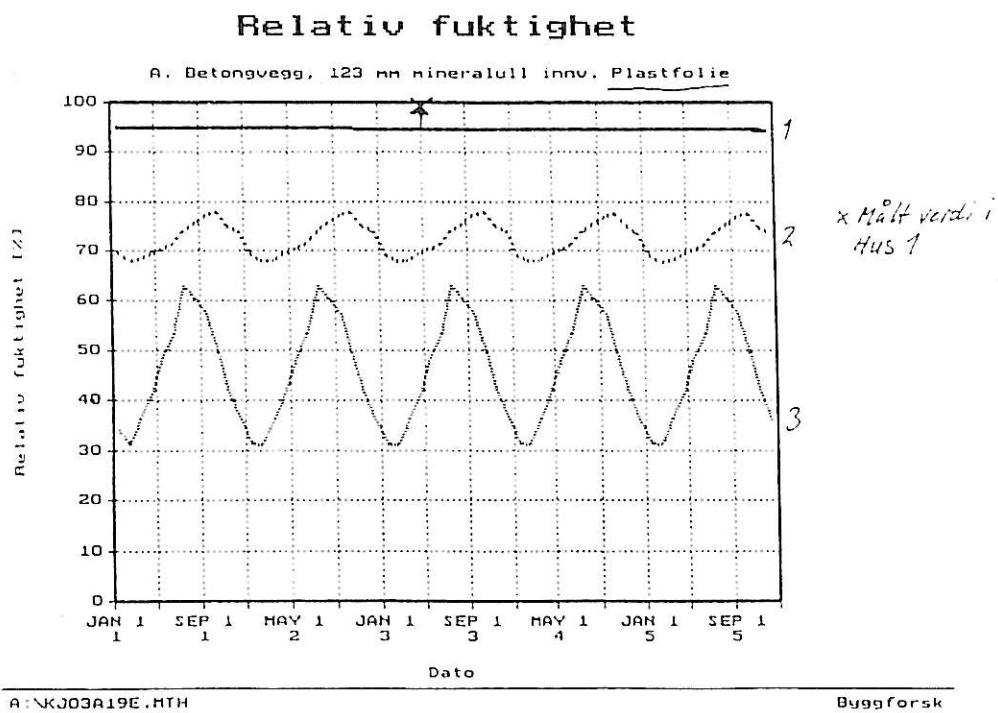
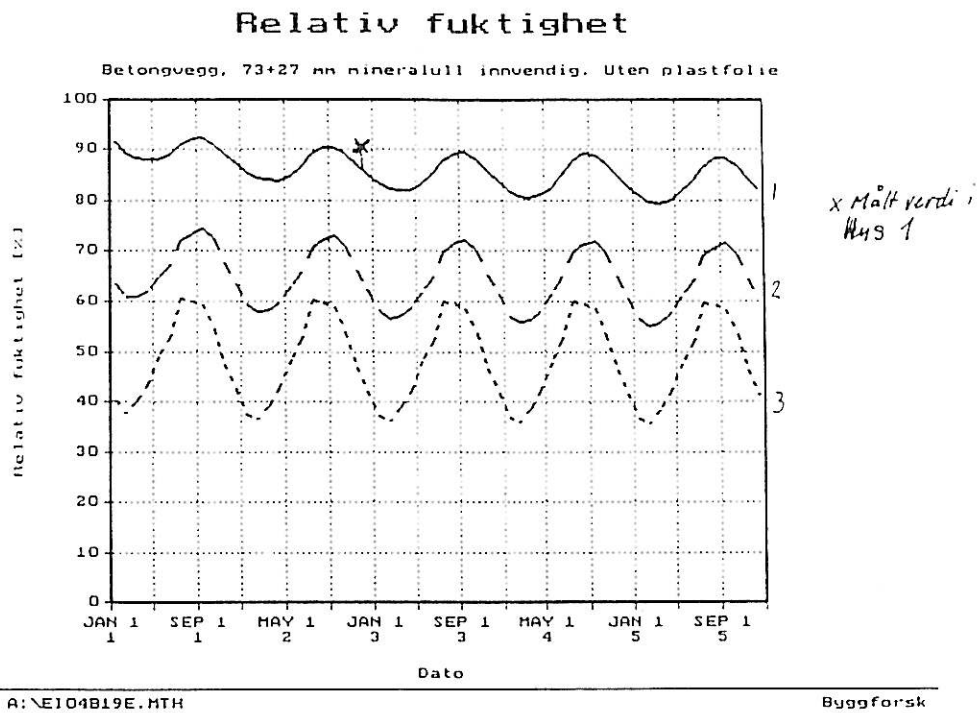


Fig. 13 og 14

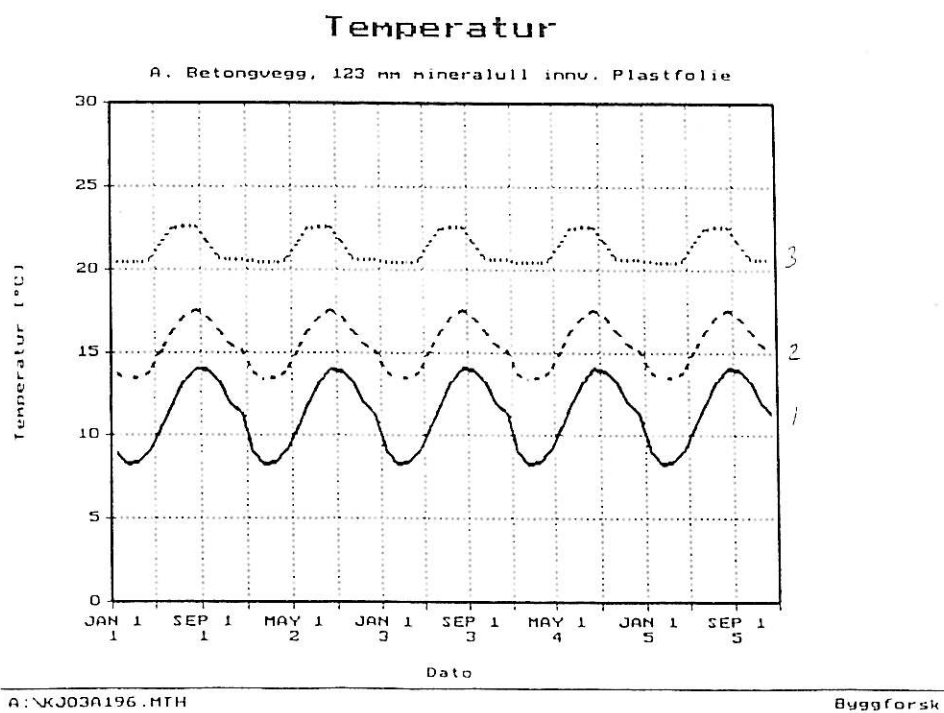
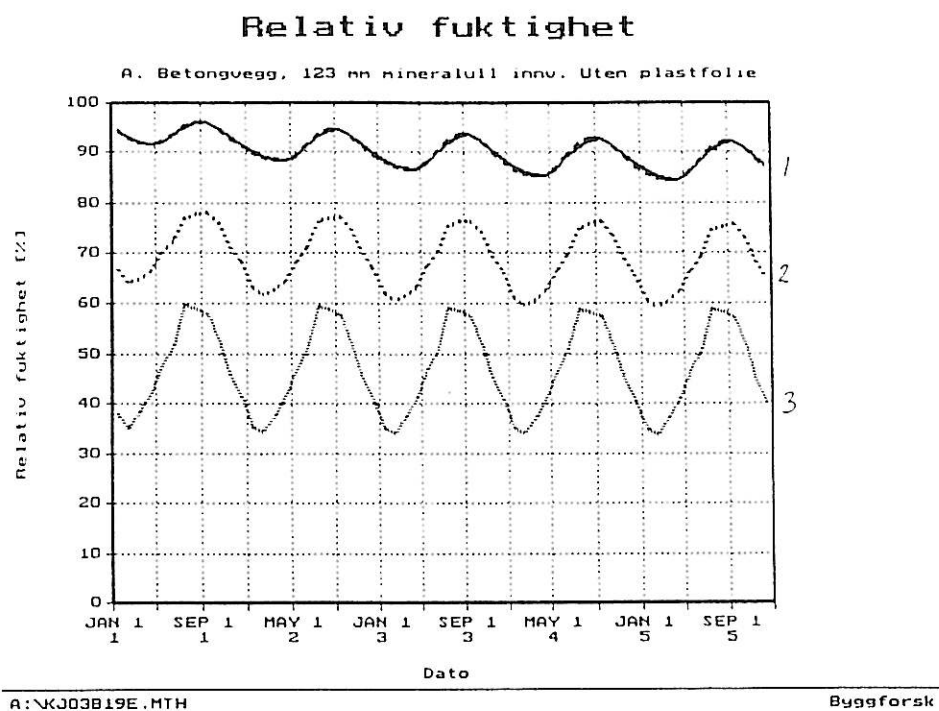
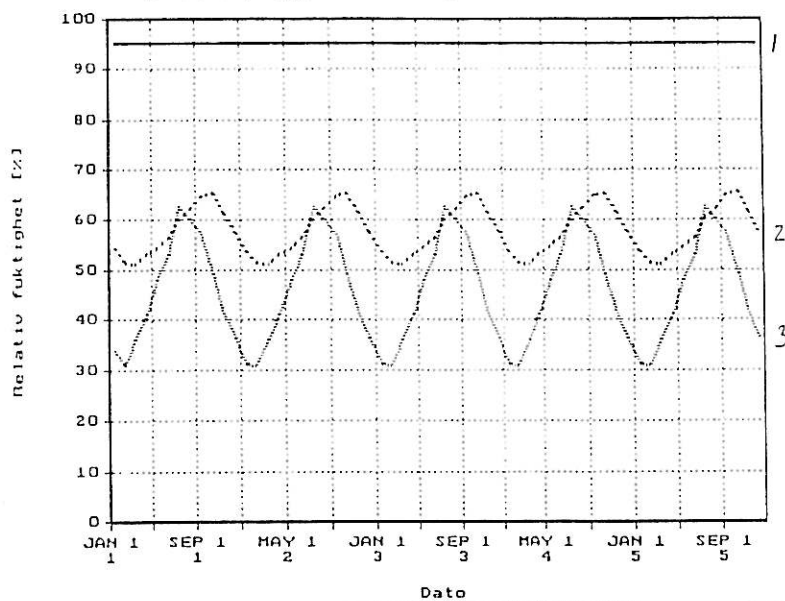


Fig. 15 og 16

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, 198 mm mineralull innv. Plastfolie

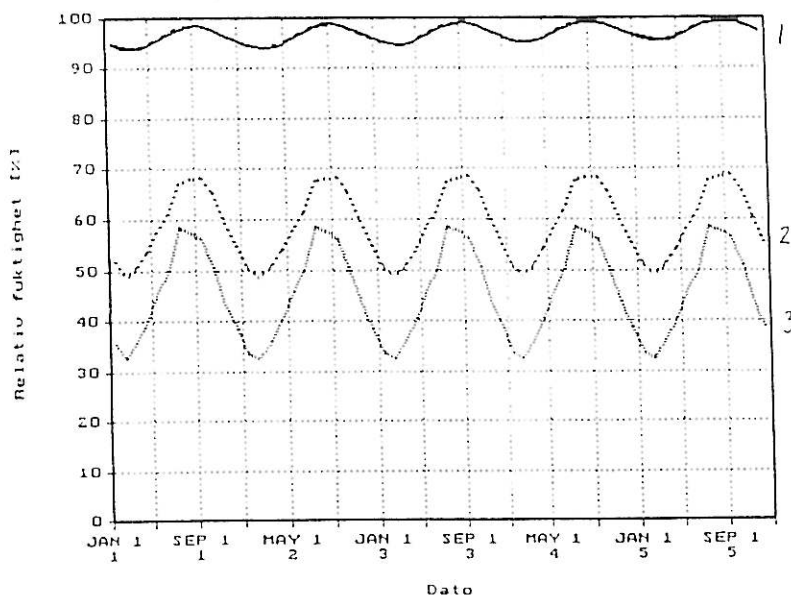


A:\KJ02A19E.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, 190 mm mineralull innv. Uten plastfolie

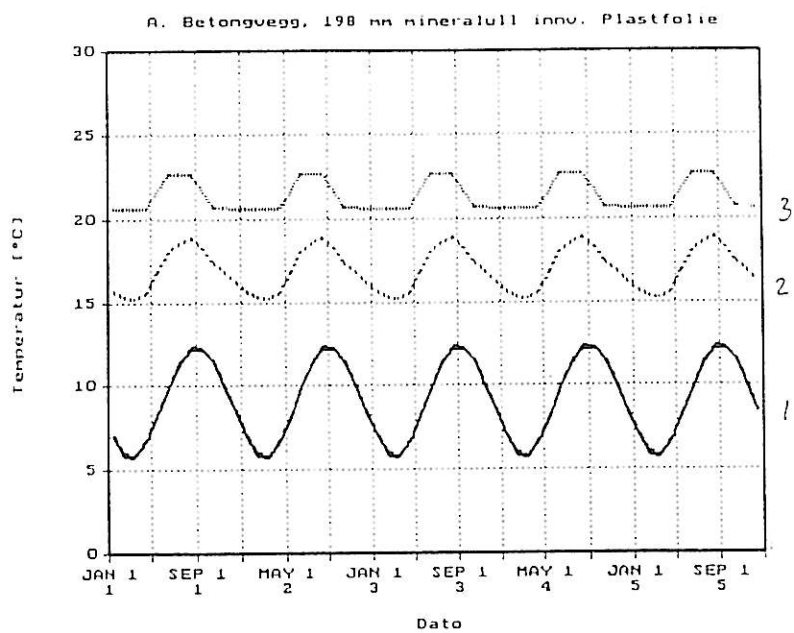


A:\KJ02B19E.MTH

Byggforsk

Fig. 17 og 18

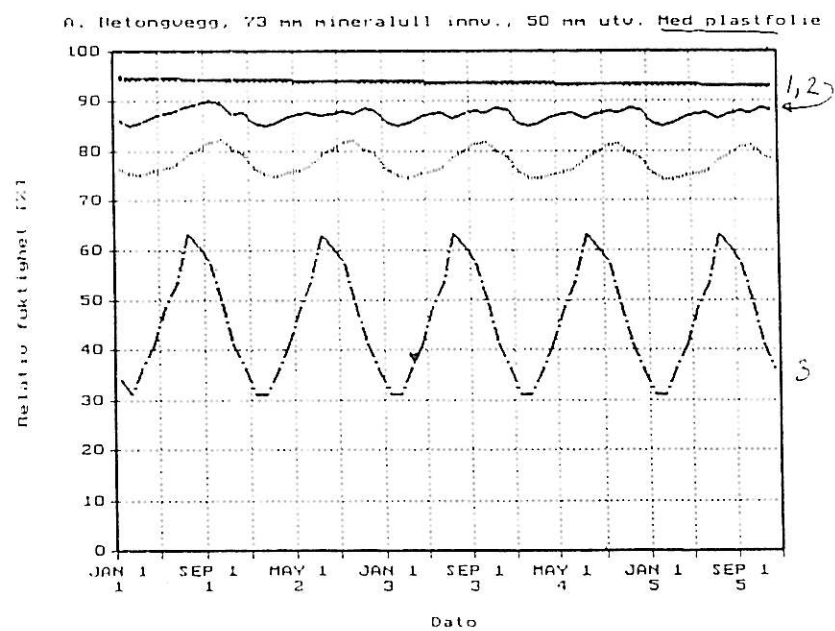
Temperatur



A: NKJ02A19E.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet



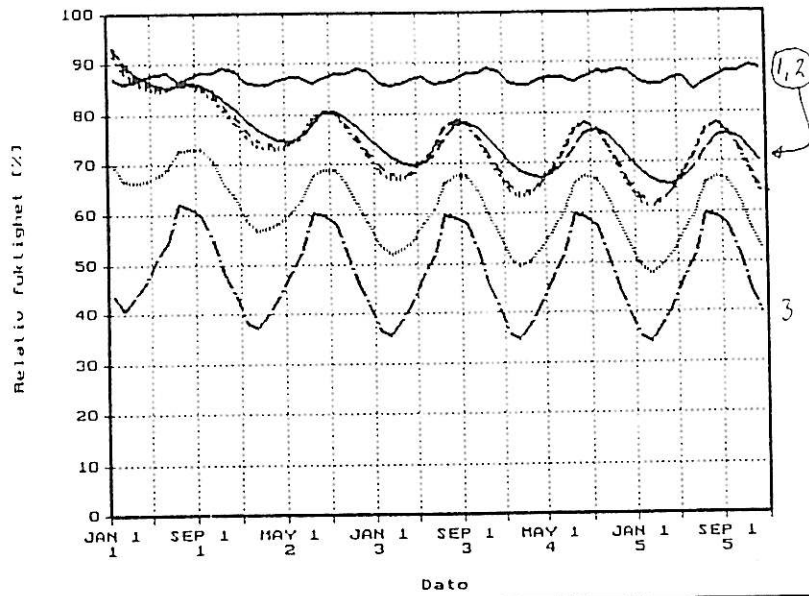
A: \XU03A19E.MTH

Byggforsk

Fig. 19 og 20

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, 73 mm mineralull innv., 50 mm utv. Uten plastfolie

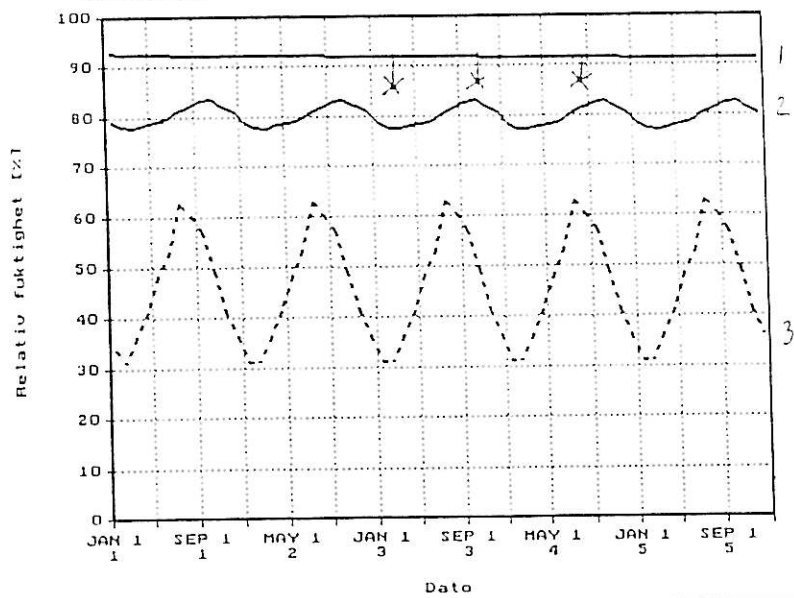


A:\KU03B19E.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet

Betongvegg, 65+30 mm mineralull innv., 50 mm utv. Plastfolie

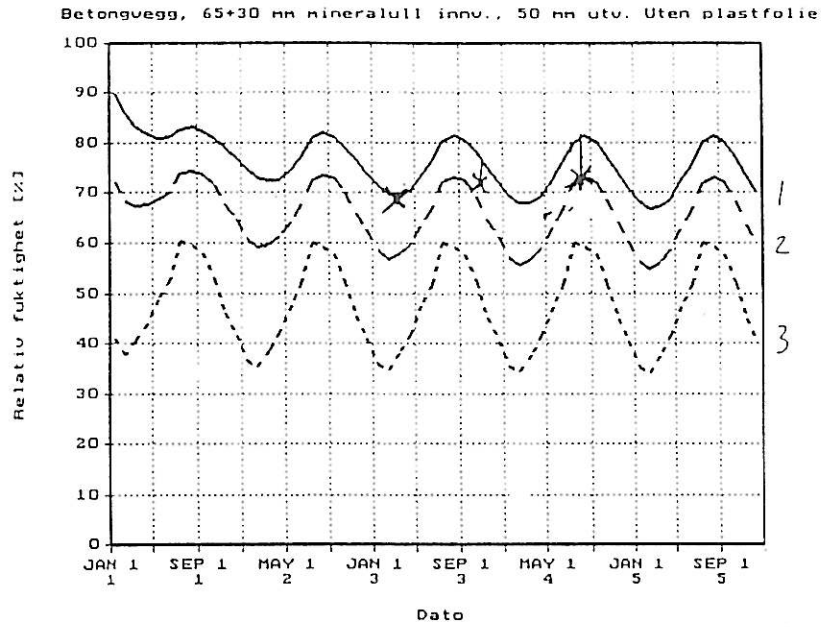


A:\HHAGREPP.MTH

Byggforsk

Fig. 21 og 22

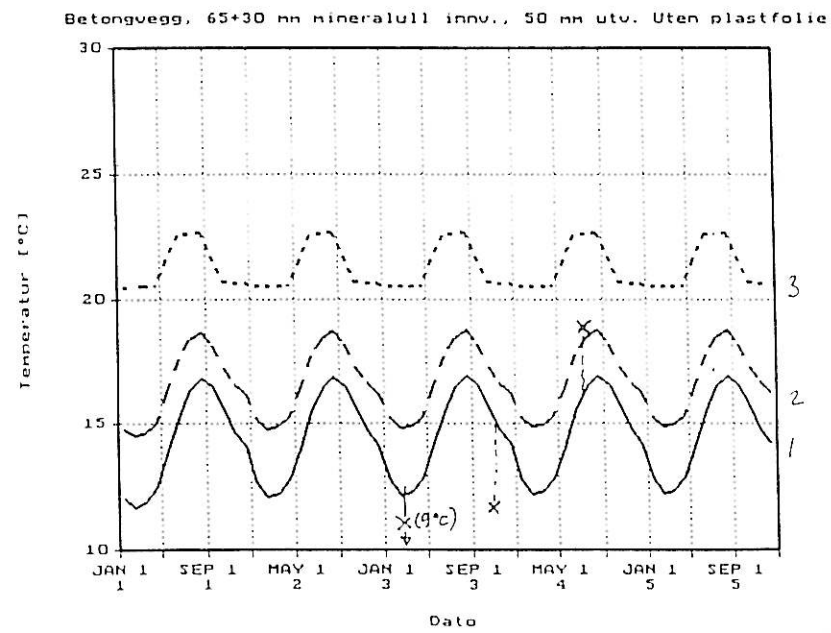
Relativ fuktighet



A: \NHAGREP.MTH

Byggforsk

Temperatur



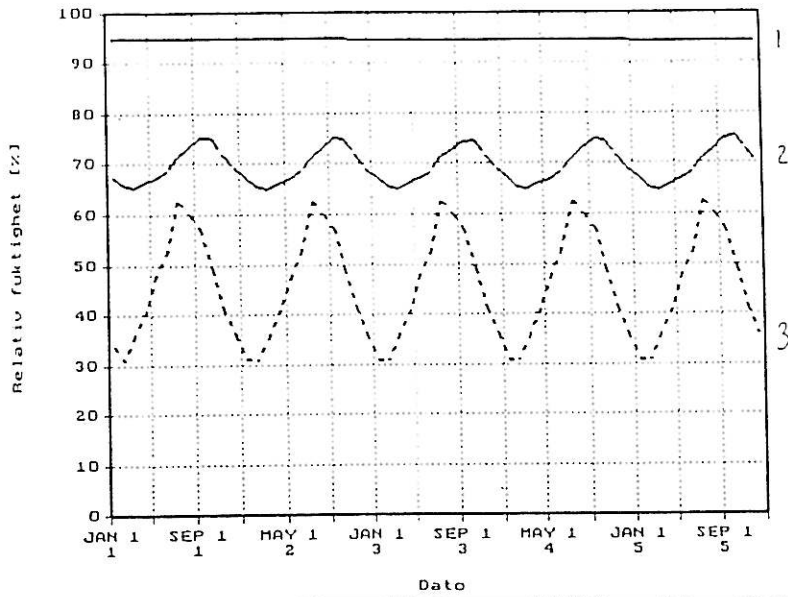
A: \NHAGREP.MTH

Byggforsk

Fig. 23 og 24

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, 148 mm mineralull innv., 50 mm utv. Plastfolie

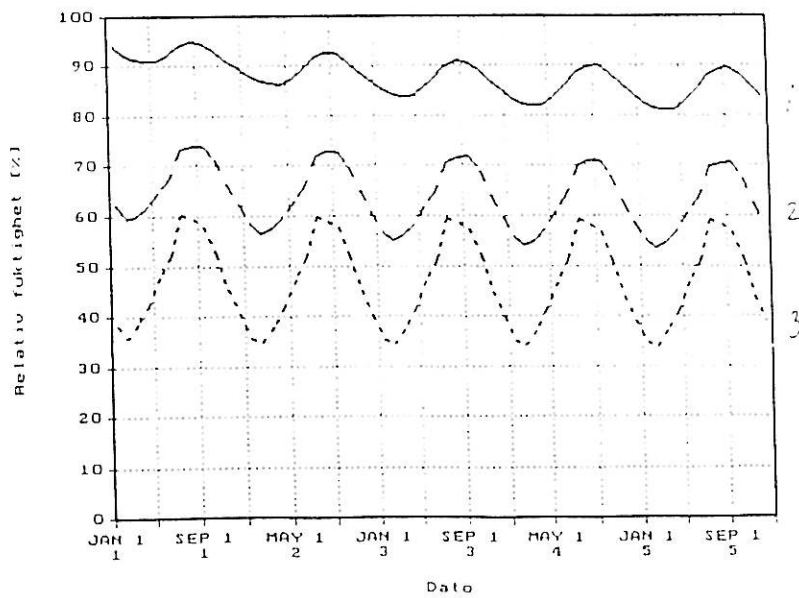


A:\KU02A19E.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, 148 mm mineralull innv., 50 mm utv. Uten plastfolie



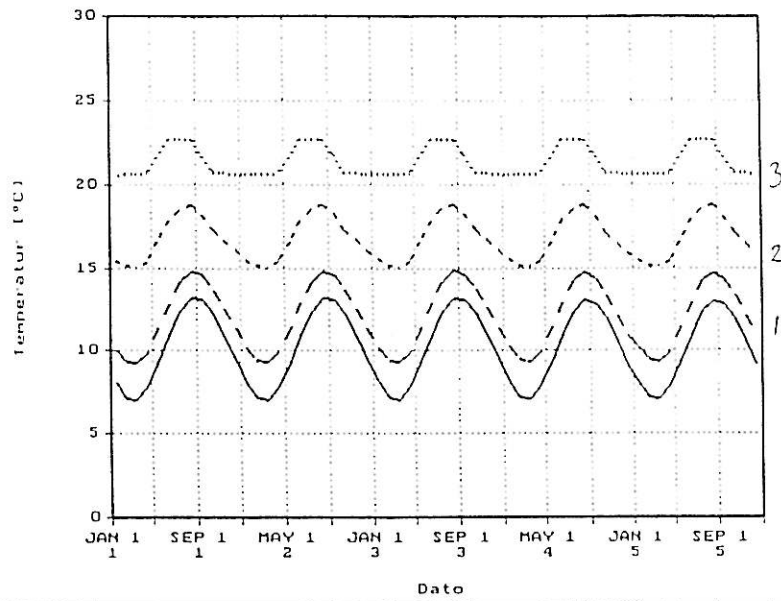
A:\KU02B19C.MTH

Byggforsk

Fig. 25 og 26

Temperatur

A. Betongvegg, 148 mm mineralull innv., 50 mm utv. Uten plastfolie

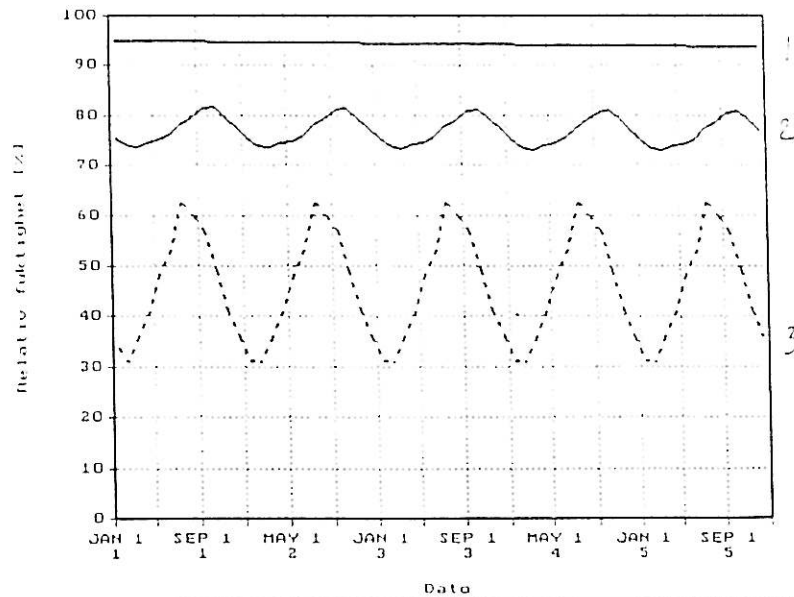


A: NKU02B19E.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, 123 mm mineralull innv., 75 mm utv. Plastfolie



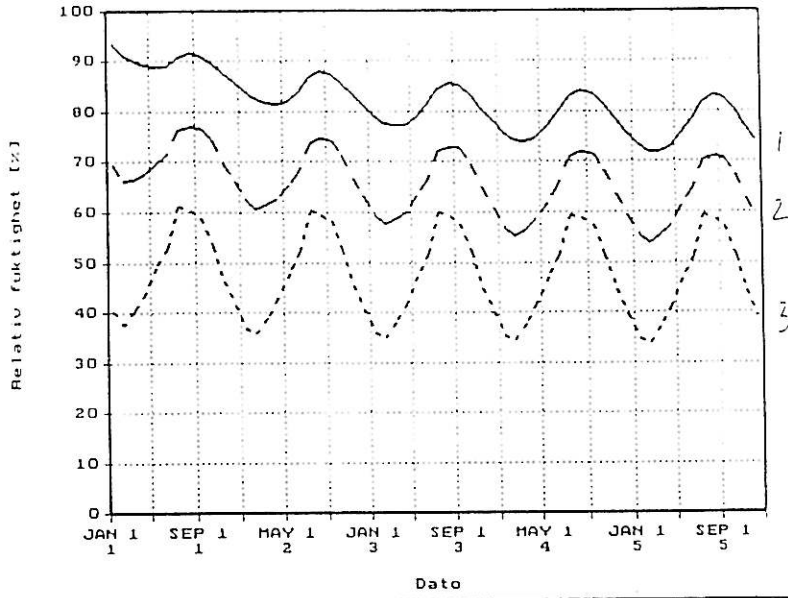
A: NKU02A19E.MTH

Byggforsk

Fig. 27 og 28

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, 123 mm mineralull innv., 75 mm utv. Uten plastfolie

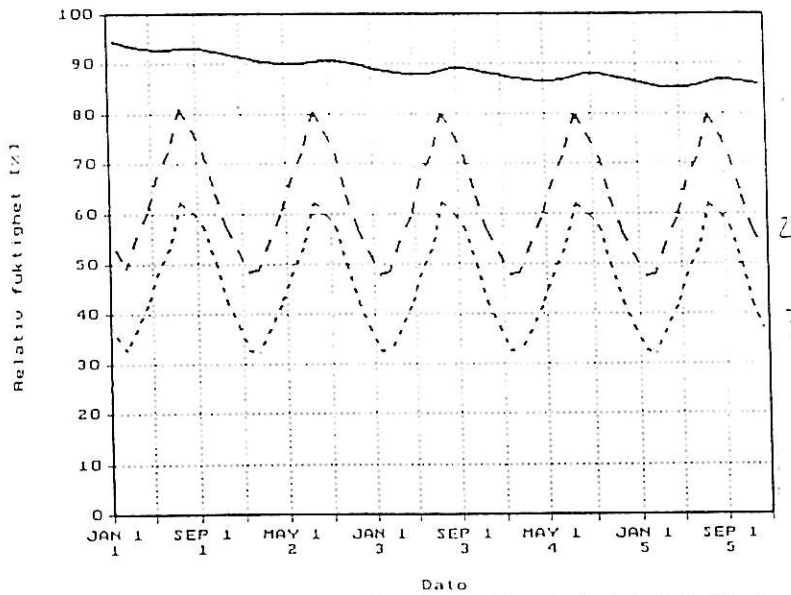


A: \KUD2B19E.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, ⁷³ ~~123~~ mm min.ull+50 mm EPS innv., 75 mm utv. Uten plastfolie



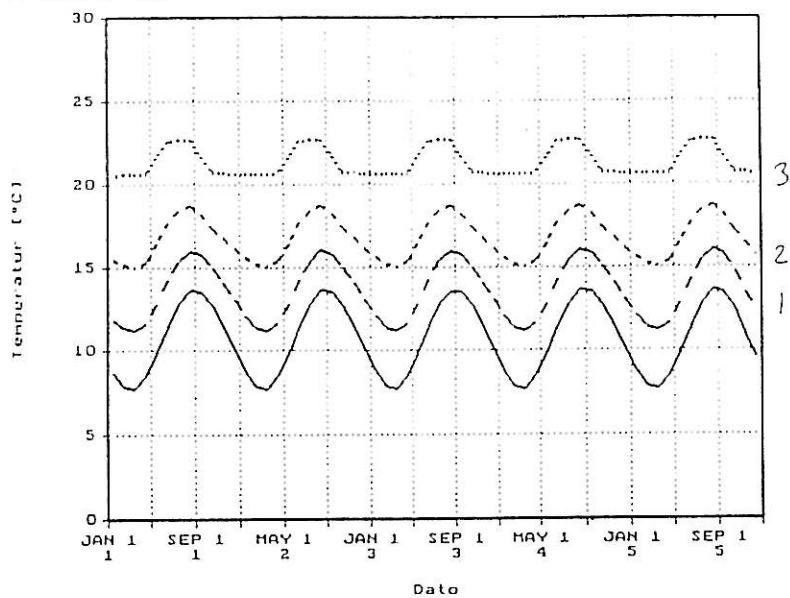
A: \KPD2D19E.MTH

Byggforsk

Fig. 29 og 30

Temperatur

A. Betongvegg, 123 mm min.uill+50 mm EPS innv., 75 mm uto. Uten plastfolie

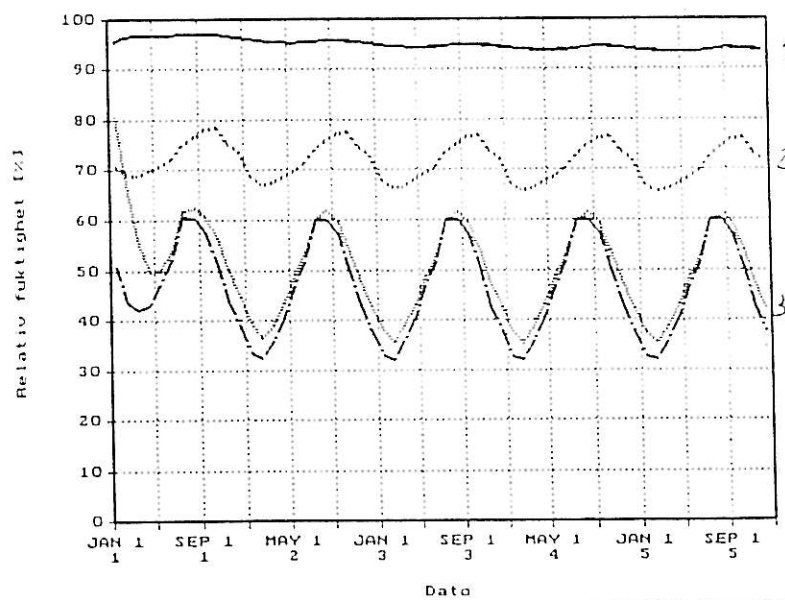


A:\KPO2B19E.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet

A. Betongvegg, Leca Iso Rehab+50 mm min.uill innv. Plastfolie

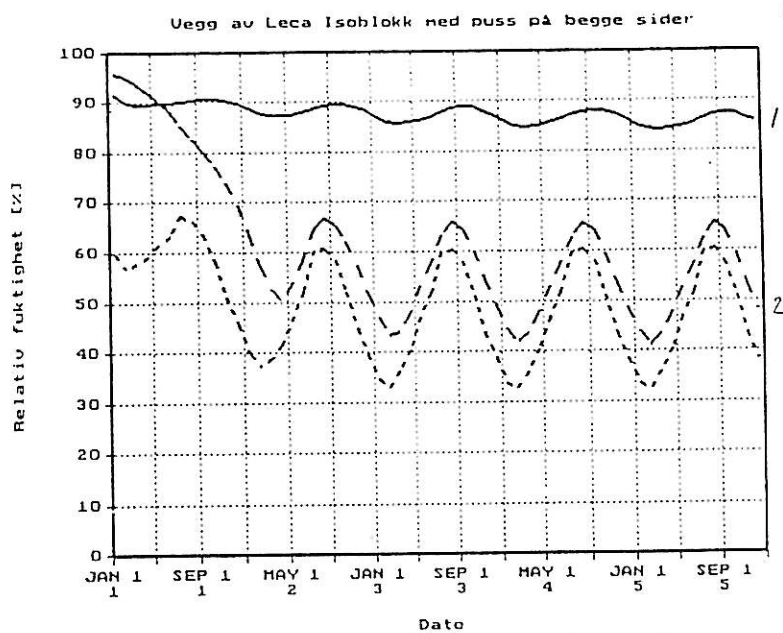


A:\KJ03B19E.MTH

Byggforsk

Fig. 31 og 32

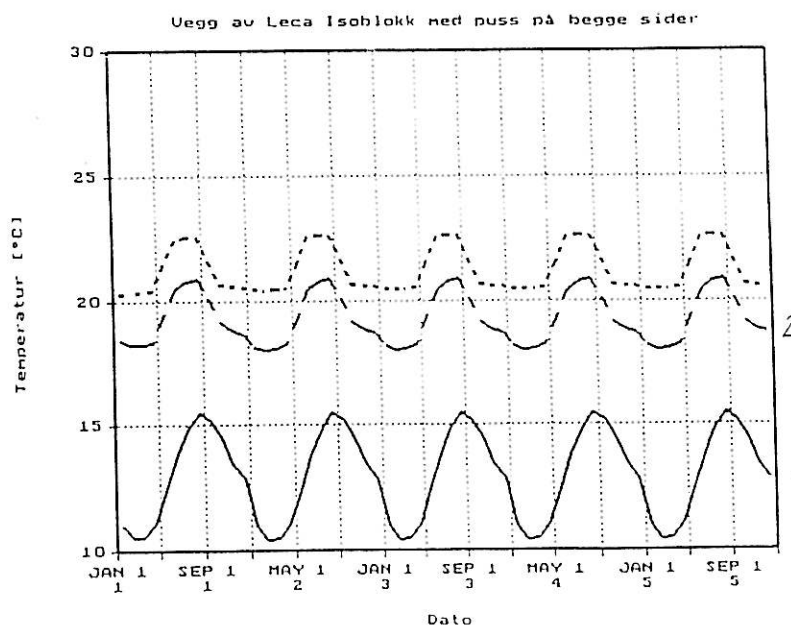
Relativ fuktighet



A:\LISO196E.MTH

Byggforsk

Temperatur



A:\LISO196E.MTH

Byggforsk

Fig. 33 og 34

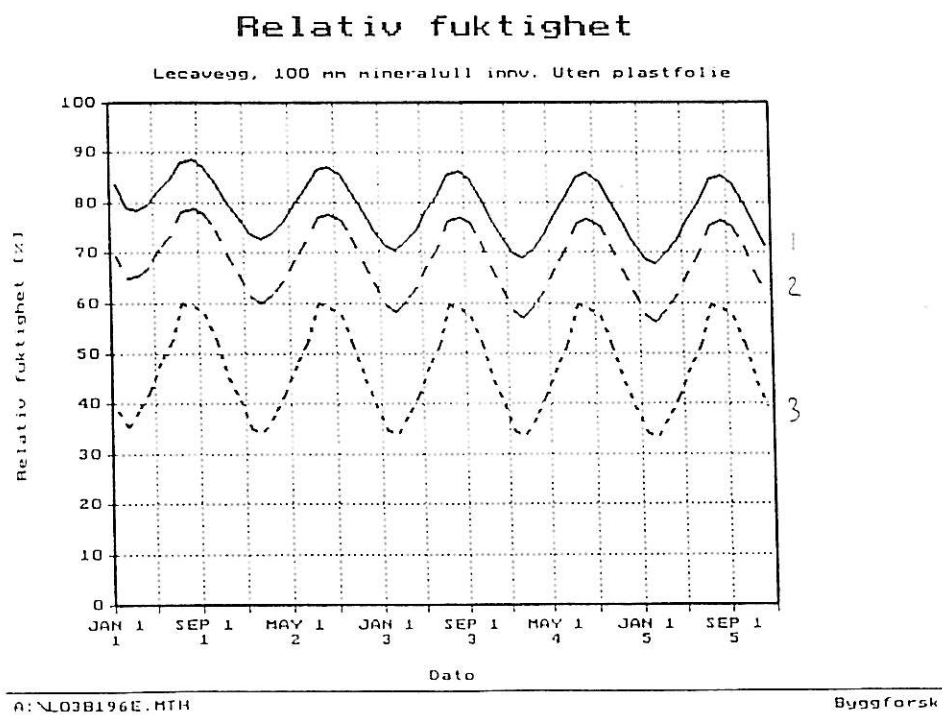
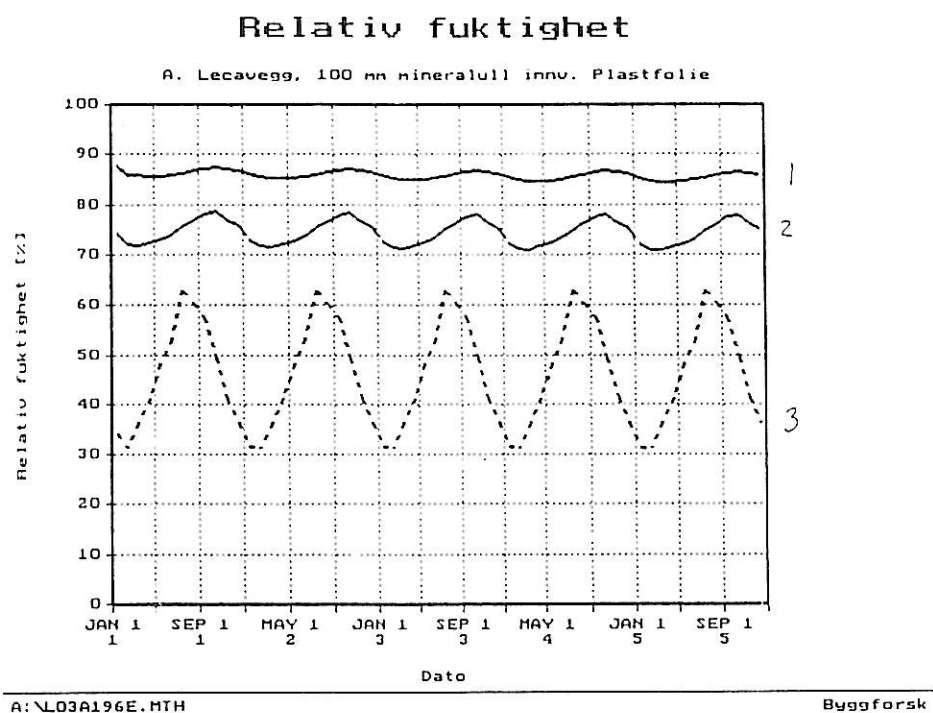
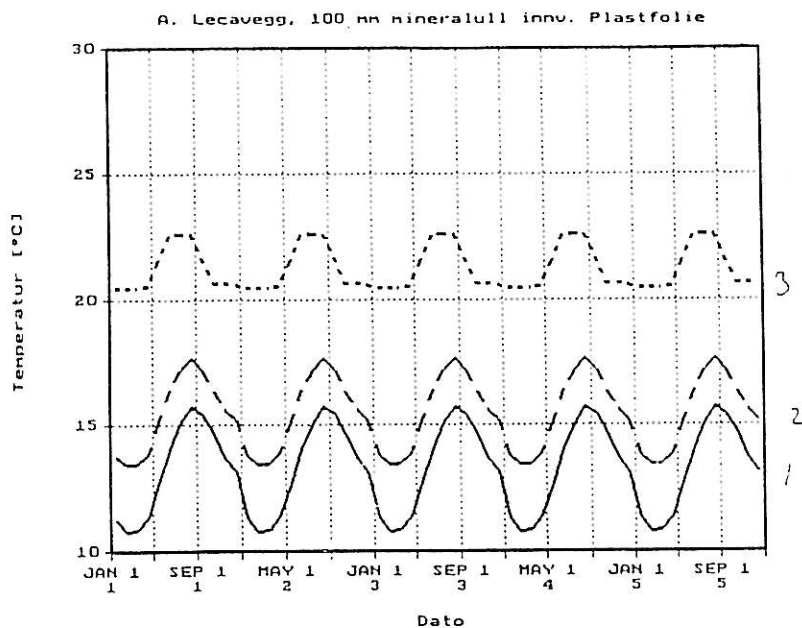


Fig. 35 og 36

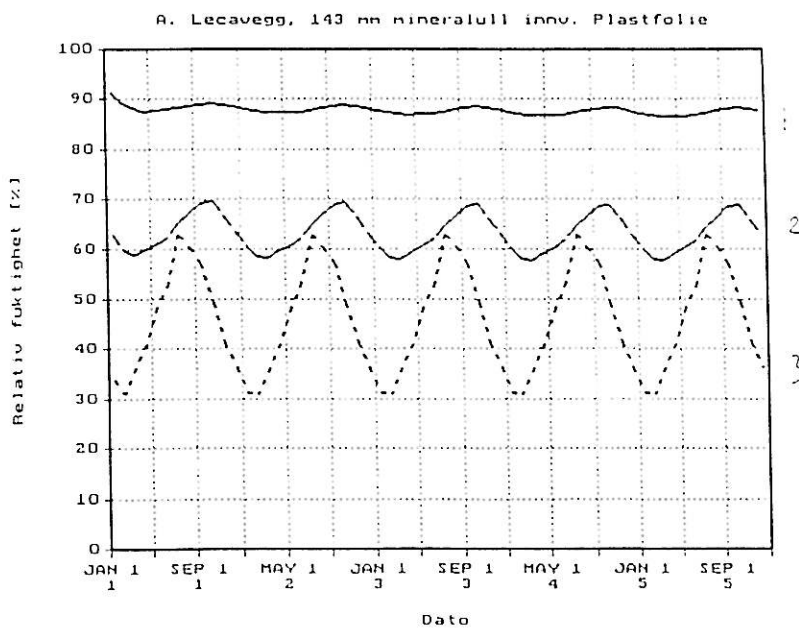
Temperatur



A:\L03A196E.MTH

Byggforsk

Relativ fuktighet



A:\L02A196E.MTH

Byggforsk

Fig. 37 og 38

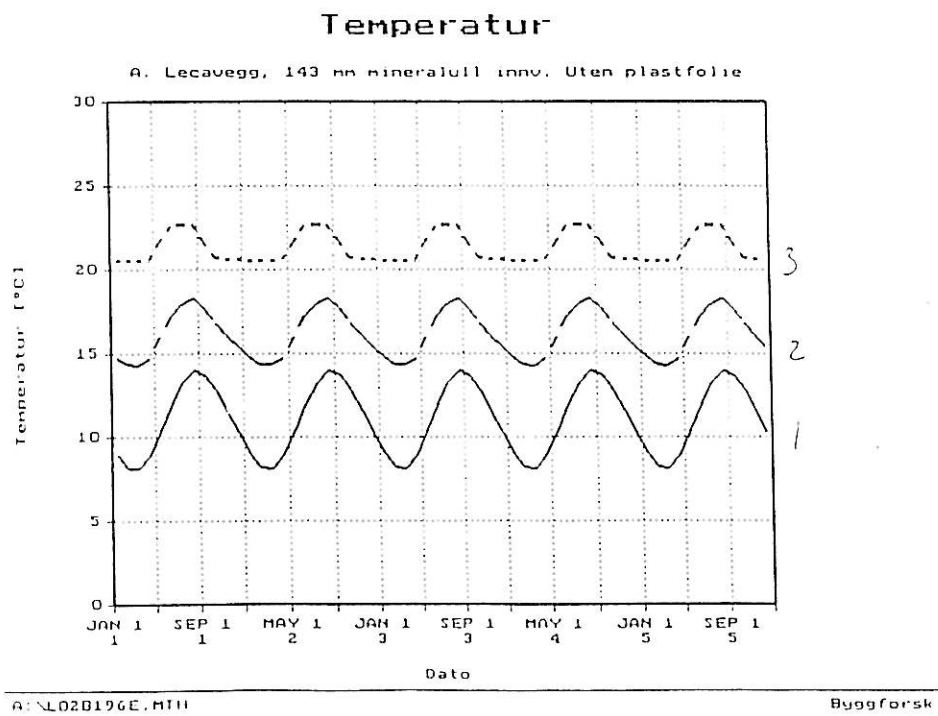
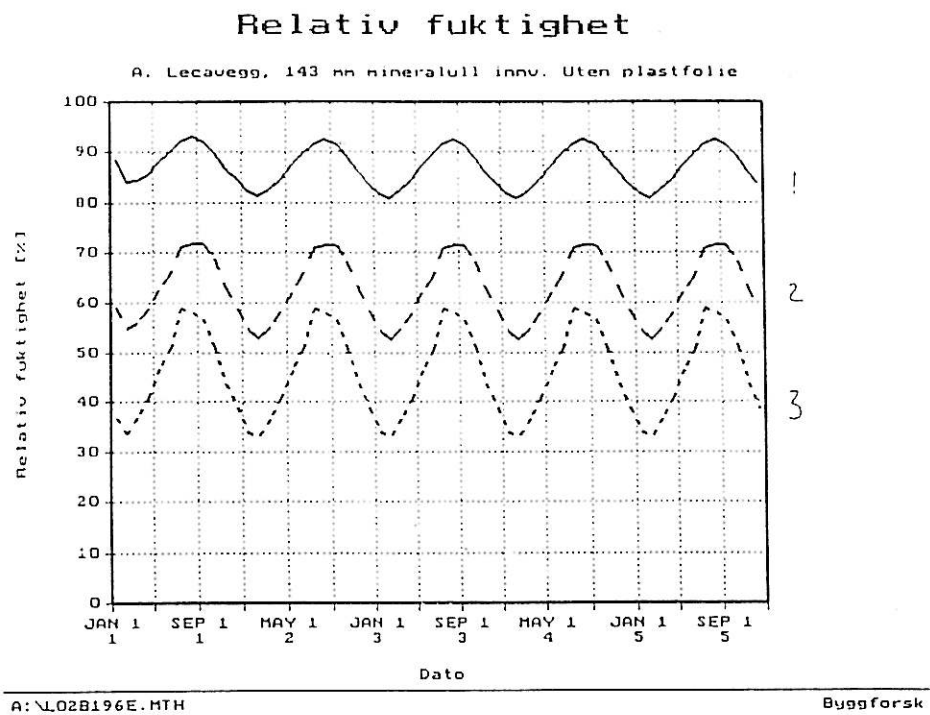
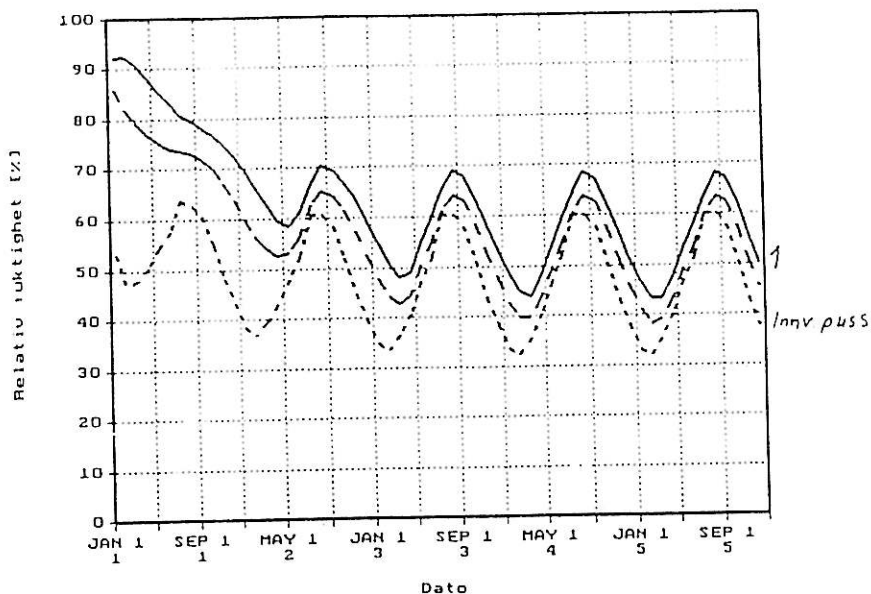


Fig. 39 og 40

Relativ fuktighet

Lecavegg, 350 mm 14s Leca utvendig

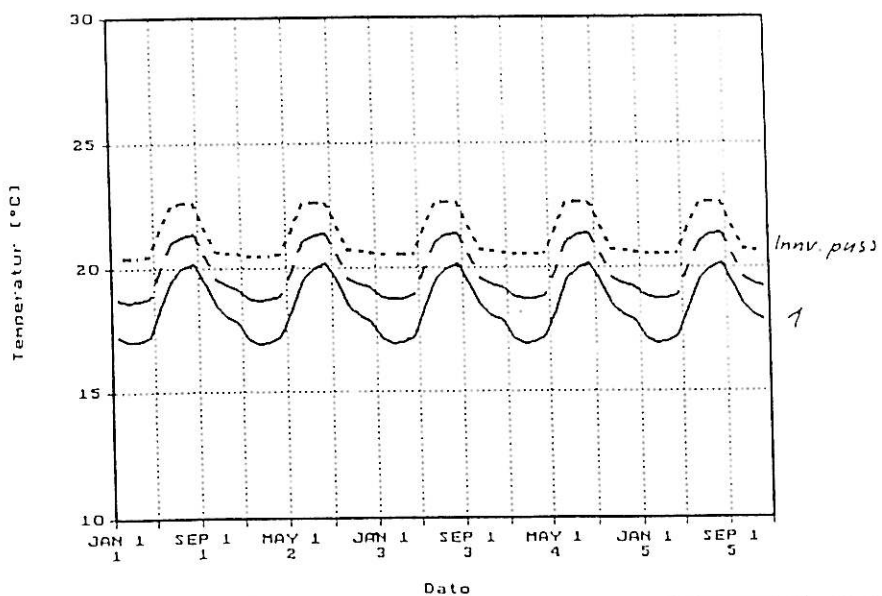


A:\LLOS119E.MTH

Byggforsk

Temperatur

Lecavegg, 350 mm 14s Leca utvendig

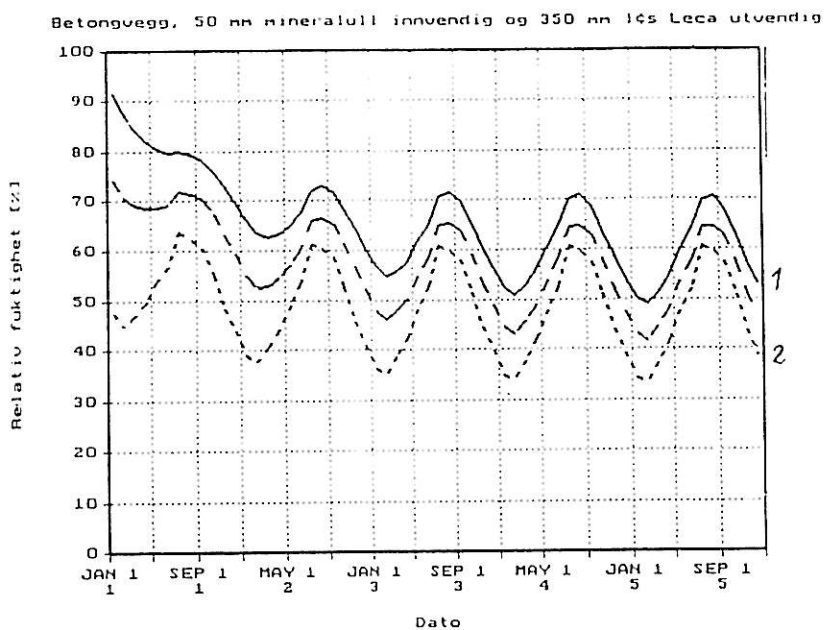


A:\LLOS119E.MTH

Byggforsk

Fig. 41 og 42

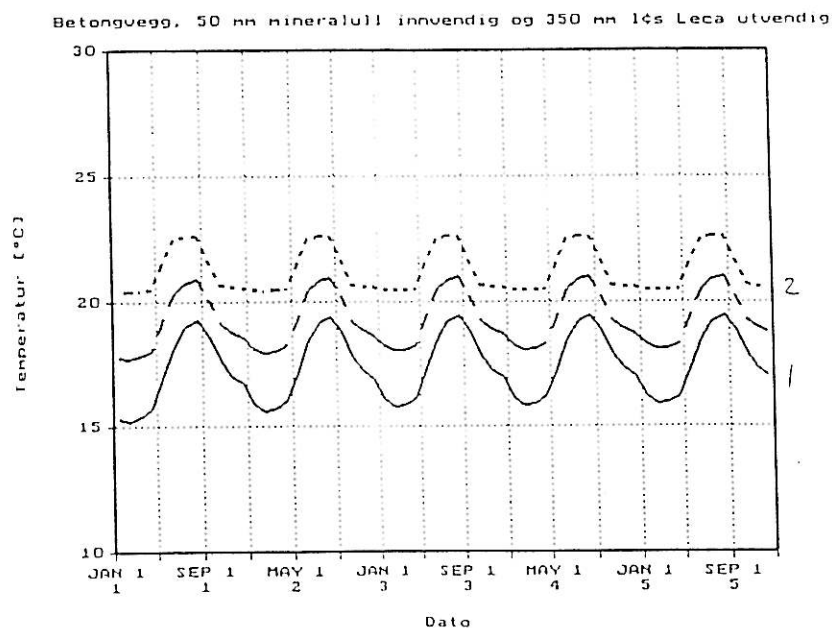
Relativ fuktighet



A:\BLOS196E.MTH

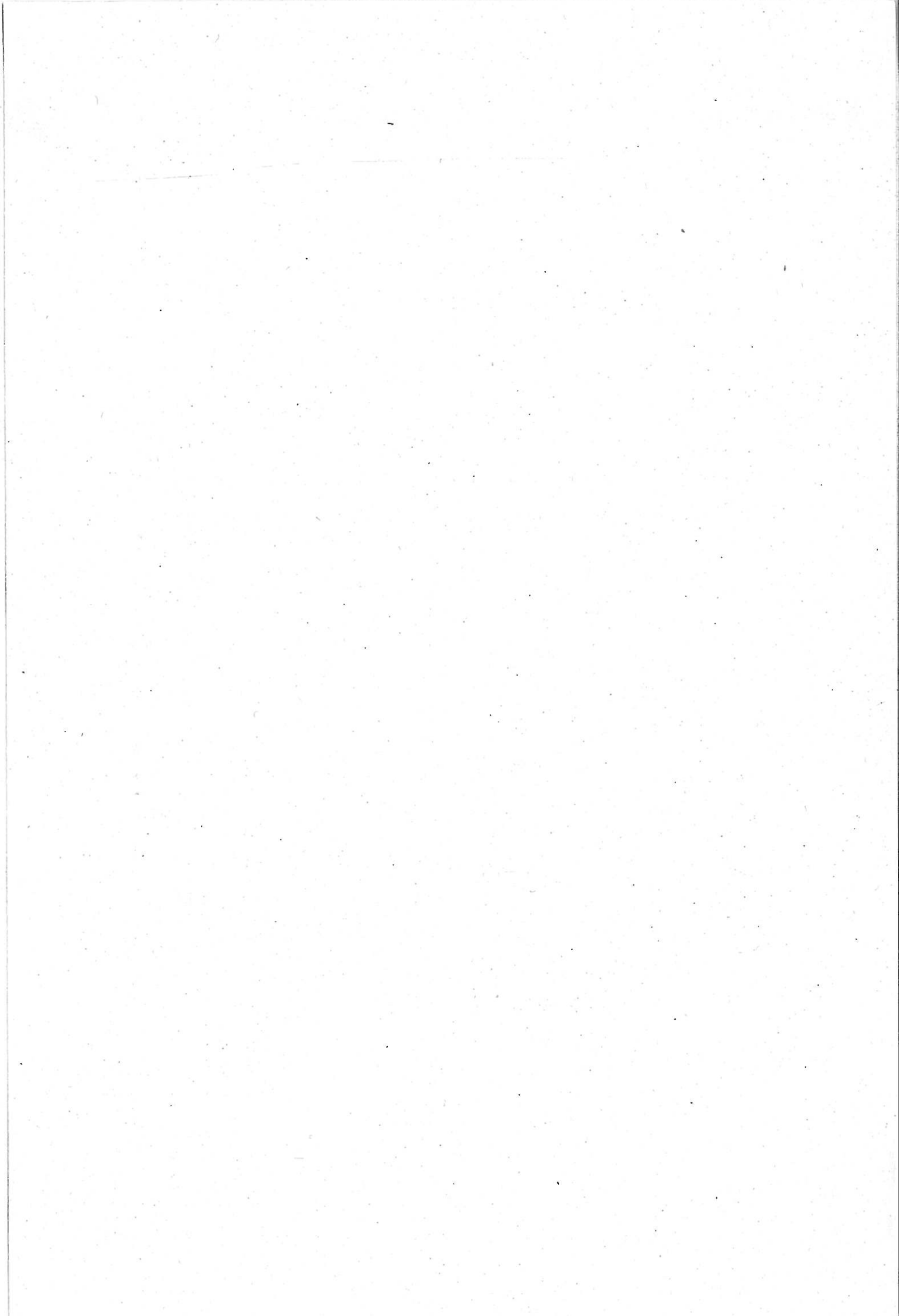
Byggforsk

Temperatur



A:\BLOS196E.MTH

Byggforsk



1. aug.