

# Uteklimaets innflytelse på fasadematerialer og konstruksjoner



Norges  
byggforsknings-  
institutt  
1975  
særtrykk 234

Klimaet i de skandinaviske land blir vanligvis betraktet som ganske hardt. Det er derfor bare naturlig at dette blir ofret spesiell oppmerksomhet. Når man begynner å gå i detalj, oppdager man imidlertid fort at man har begitt seg inn på et meget vanskelig område. Uteklimaet er nemlig ikke noe som er konstant, men varierer fra dag til natt, fra sommer til vinter, fra sted til sted og også fra det ene året til det andre. Klimaet omfatter dessuten en rekke forskjellige påkjenninger som sjelden virker alene, men som oftest to eller flere i kombinasjon. For å gi en tilstrekkelig detaljert beskrivelse av klimaet, må man oppgi en mengde data for en rekke forskjellige faktorer.

Skal man undersøke klimaets innflytelse på materialer og konstruksjoner, må man ha helt klart for seg hva man er ute etter. Noen ganger kan det være ekstremverdiene for enkelte faktorer som er avgjørende; andre ganger gjenomsnittsverdiene over lengre tidsrom, til dels opp til mange år.

Uteklimaet omfatter som nevnt en rekke forskjellige påkjenninger. De fleste av disse har imidlertid en meget sterk tilknytning til energitransportprosesser i atmosfæren. Disse skyldes i hovedsak to ting: Det ene er de kolossale mengder strålingsenergi som kommer til jorden fra solen. Det andre er avstrålingen fra jordkloden til verdensrommet.

Det faller naturlig å begynne beskrivelsen av klimapåkjenningene med energitilførselen fra solen.

## Solstråling

Den solstråling som treffer jorden, utgjøres vesentlig av elektromagnetisk stråling av forskjellige bølglengder fra ultrafiolett til infrarødt. På veien ned gjennom atmosfæren svekkes strålingen endel, dels ved ab-

sorpsjon og dels ved spredning. Det er særlig de ultrafiolette stråler som absorberes i de høyere luftlag. Fig. 1 viser et eksempel på spektralfordeling for direkte sollyst ved luftmassefaktor 2, hvilket tilsvarer klarvær, solhøyde 30 og liten høyde over havet [1].

Solstrålingen som treffer atmosfæren, utgjør ca. 1350 W/m<sup>2</sup>. Ved luftmassefaktor 2 blir denne ved jordoverflaten redusert til ca. 760 W/m<sup>2</sup> direkte stråling, som fordeler seg med ca. 4 % på ultrafiolett stråling, 43 % på synlig lys og 53 % på infrarød stråling. I tillegg til dette kommer den diffuse stråling på grunn av spredning i atmosfæren og refleksjon fra grunnen. Normalt utgjør denne ca. 100 W/m<sup>2</sup>, men kan ved sjøen og i fjellet gå opp i vesentlig høyere verdier.

Den vesentligste direkte innflytelse sollyst har på fasadematerialer, er at det setter

igang en rekke kjemiske reaksjoner og medvirker i vesentlig grad til å bryte ned organiske materialer. Det er her ultrafiolett lys som er særlig aktivt. Fig. 2 viser energien pr. foton (lyskvant) i sollyst som funksjon av bølglengden. Det er også avmerket dissosiasjonsenergien pr. binding for en del av de vanligst forekommende bindinger i organiske materialer. Som man vil se, er det en rekke bindingstyper som kan brytes av ultrafiolett lys mellom 0,3 og 0,4  $\mu$ . Selv om det ultrafiolette lys bare utgjør ca. 4 % av solstrålingen, spiller det en meget avgjørende rolle for materialenes aldring. Også uten ultrafiolett bestråling foregår det en del kjemiske aldringsprosesser, som f. eks. oksydasjon. Med ultrafiolett bestråling vil det imidlertid dannes en del ozon som vil oksydere materialene vesentlig hurtigere enn oksygen.

Selve nedbrytningsreaksjonene skal ikke behandles i detalj her. Det er en rekke, såvel primære som sekundære, reaksjoner som kommer inn i bildet. Et viktig punkt er at tilstedeværelsen av fuktighet vil påskynde en del av disse reaksjoner. Ved akselerert aldring i laboratoriet er det derfor av betydning at prøvestykkene nedfuktet i rimelig grad. Reaksjonene løper forøvrig fortere ved høye temperaturer. Man kommer dermed automatisk over til neste påkjenningstype.

## Varme

Høye temperaturer skyldes også vanligvis solstrålingen, enten den direkte solstråling eller indirekte over høye lufttemperaturer. En høy lufttemperatur vil resultere i en tilsvarende høy gjennomsnittstemperatur i materialene, mens den direkte solstråling er ansvarlig for høye topptemperaturer i kortere perioder.

En gammel tommelfingerregel sier at hastigheten på kjemiske reaksjoner fordobles for hver 10°C økning i temperaturen. Dette gjelder også for enkelte av nedbrytningsreaksjonene i bygningsmaterialer. Høye temperaturer kan altså alene være nok til å aldre organiske materialer. Kombinert med solstråling, oksygen og fuktighet kan virkningen bli enda større.

Hvor høye temperaturer som kan nås i en fasade, er avhengig av blant annet fasadens form og farge. Normalt regner man med at man kommer opp i en temperatur på ca. 50°C i en lys fasade og ca. 70°C i en mørk fasade, men i ugunstige tilfeller kan man komme opp i enda høyere temperaturer. Det er viktig å unngå å konstruere varmfeller.

## Kulde

De laveste temperaturer forekommer om nettene på vinteren, når lufttemperaturen er lav og den direkte avstråling høy. Slike lave

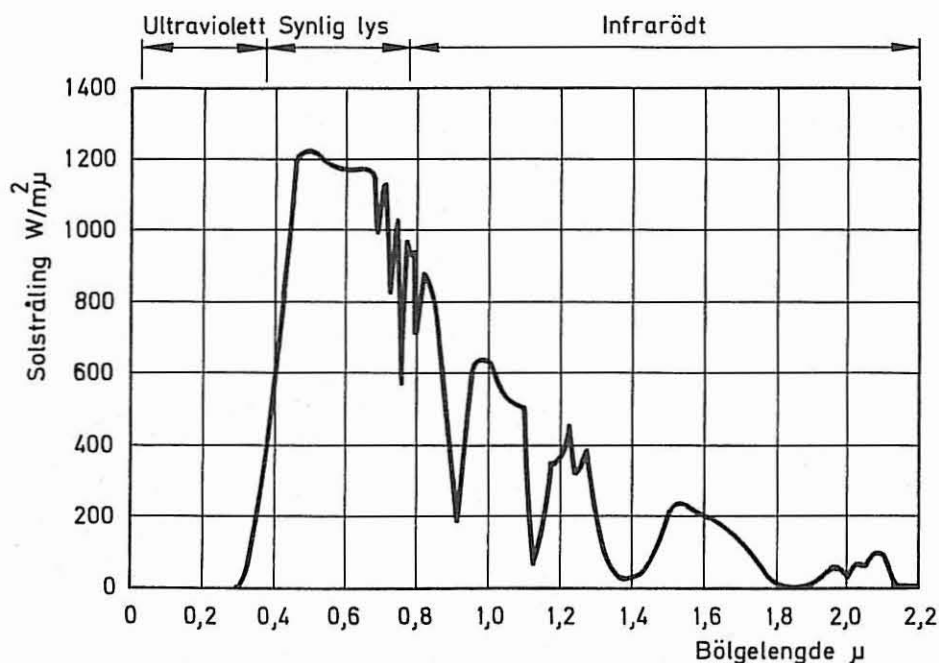


Fig. 1. Spektralfordeling for direkte solstråling.

temperaturer merker folk flest i form av økt varmetap, økte fyringsutgifter og større kondensproblemer. For selve fasaden er det to andre forhold som er av minst like stor betydning. Det ene er den hardhetsøkning og til dels regulære forsprødning som inntrer hos materialer som for eksempel plast og gummi ved lave temperaturer. Dette gjør dem nemlig mere ømfintlige for mekaniske påkjenninger. Det andre er det forhold at vann kan fryse til is. Om nedfuktede materialer ikke er tilstrekkelig frostbestandige, kan de fryse istykker, helt eller delvis. Det er her antall fryse/tinesykluser ved vekslinger rundt nullpunktet som er av avgjørende betydning, ikke de ekstreme minimumstemperaturer. Antall fryse/tinesykluser kan i praksis variere meget, men vanligvis er det overgangssonen mellom kystklima og innlandsklima som er mest utsatt med ca. 50 – 100 sykluser pr. år.

### Temperaturvekslinger

Vekslinger mellom høye og lave temperaturer forekommer i meget stor utstrekning, utover de foran omtalte vekslinger rundt nullpunktet vinterstid. De største temperaturvekslinger forekommer faktisk vår, sommer og høst, på de tider da solen tar godt på dagen, mens nattetemperaturen kan være relativt lav. For de moderne, forholdsvis lette fasadekonstruksjoner kan man regne med ca. 300 vekslinger pr. år med en amplitude på ca.  $\frac{1}{2}$  av differansen mellom de årlige maksimum- og minimumtemperaturer.

De store temperaturvariasjoner resulterer først og fremst i bevegelser mellom de enkelte materialer og bygningsdeler på grunn av forskjeller i utvidelseskoeffisient.

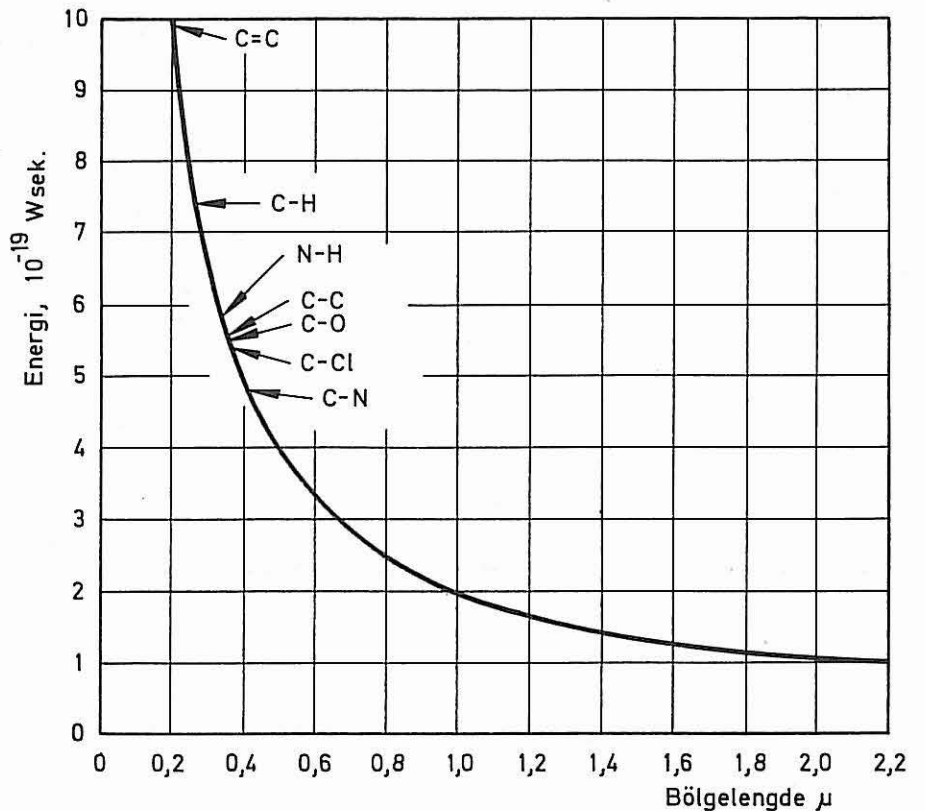


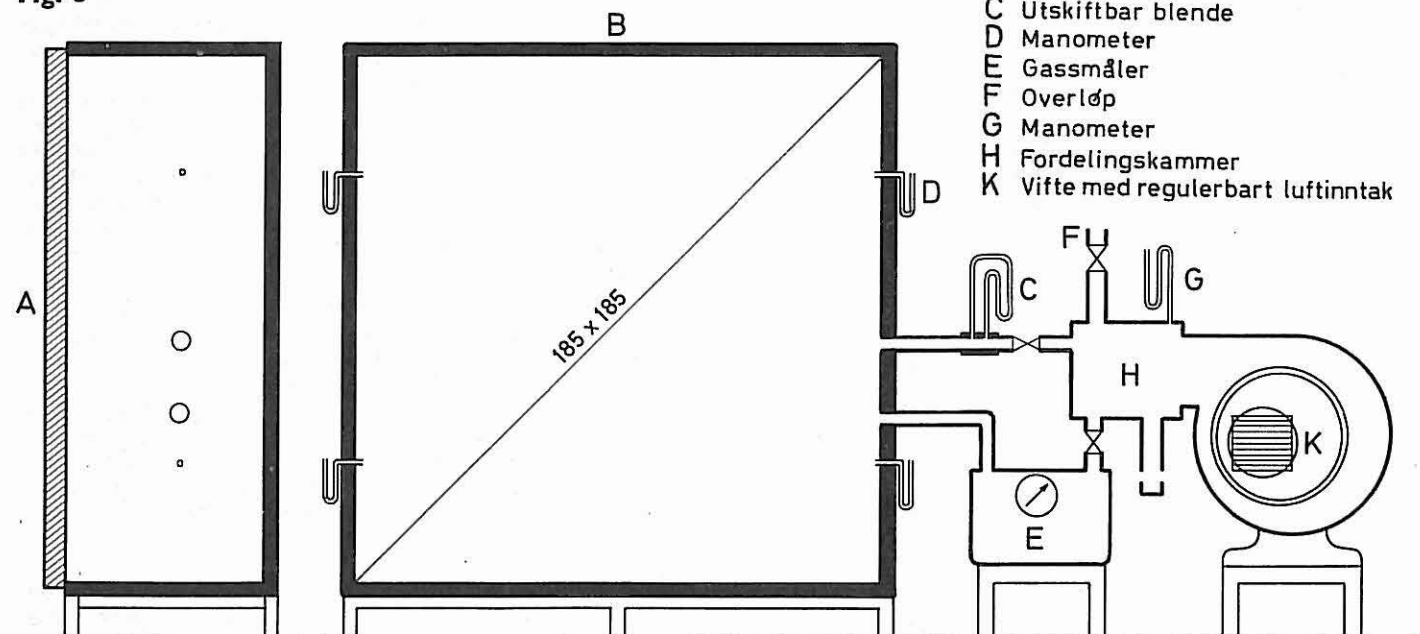
Fig. 2. Energi pr. foton og dissosiasjonsenergi pr. binding.

### Variasjoner i lufttrykket

Det kan kanskje høres rart ut, men variasjoner i lufttrykket kan faktisk ha en innflytelse på enkelte materialer og bygningsdeler. Det

gjelder f. eks. volum og spenningstilstand hos porøse og fleksible materialer med lukkede porer, samt bygningselementer med tørsegitte luftrom. De dimensjonsend-

Fig. 3



- A Maskeringsfelt
- B Prøveskap
- C Utskiftbar blende
- D Manometer
- E Gassmåler
- F Overløp
- G Manometer
- H Fordelingskammer
- K Vifte med regulerbart luftinntak

ringer som oppstår, vil være helt tilsvarende de som skyldes vekslende temperaturer og kan derfor med fordel behandles sammen med disse. Variasjoner i lufttrykket kan i Norge gå opp i 100 – 120 millibar.

### Fuktighet

Variasjoner i luftfuktigheten kan medføre dimensjonsendringer i likhet med vekslende temperaturer. Forholdene varierer mye fra sted til sted, og eksakte data må tas ut av meteorologiske tabeller.

Fuktigheten har som tidligere nevnt stor innflytelse på en del strålingsreaksjoner. Ellers er det mest direkte nedfukning i forbindelse med regninntrengning som har størst interesse. Mere om dette senere.

### Vind

Store deler av de skandinaviske land er meget utsatt for vind. Påkjenningene varierer imidlertid meget, og man må i stor utstrekning basere seg på meteorologiske tabeller.

Vindens innflytelse kan være mangeartet. Om ikke konstruksjonene er sterke nok, kan man få regulære brudd (stormskader). Langt vanligere er det at materialer og konstruksjoner ikke er lufttette nok, slik at man får trekk og nedkjøling på grunn av luftgjennomgangen. Vinden er vanligvis ikke konstant, men kommer som vindstøt, og det pulserende vindtrykket kan føre til utmatingsbrudd. Endelig er vinden en vesentlig medvirkende faktor ved slagregngjennomgang i fasader.

### Regn

Regninntrengningsproblemer har man de fleste steder på kloden i større eller mindre grad. Ved fasader er det slagregnet som er av betydning. Mengden av slagregn kan variere mye fra sted til sted. I Norge er det målt opp til 1715 mm pr. år for den verste slagregnetning [2], mens noen hundre mm pr. år er mere vanlig. Det er forøvrig ikke bare den årlige mengde av slagregn som er av betydning, men også fordelingen over kortere perioder og de samtidig forekommende vindtrykk.

Resultatene av slagregninntrengning i fasader kan være mangeartet. Foruten direkte lekkasje inn i rommene med tilhørende nedfukning av veggpartier m. m., kan man få råtedannelse, redusert styrke, redusert varmeisolasjon m. m.

### Eroderende partikler

Regn har vanligvis ikke noen større eroderende virkning på fasadematerialer. Noe verre er det om nedbøren kommer som hagl. Den største erosjonen får man imidlertid der hvor vinden bringer med seg sandpartikler eller iskrystaller.

### Kjemikalier

I kyststrøk vil saltinnholdet i sjødrevet kunne føre til korrosjon på en rekke materialer, blant annet enkelte metaller og en del typer plast. Industriadmosfære kan, sammen med fuktighet, ikke bare virke korroderende, men også i høy grad tilmussende. Med de stadig tiltagende luftforurensninger må man

regne med at denne type påkjenninger etter hvert vil få større betydning.

### Veggenes funksjon som klimaskjerm

Når man bygger et hus, er det blant annet for å skaffe beskyttelse mot uteklimaet og andre ytre påkjenninger. Kravene til huset som klimaskjerm har endret seg en del gjennom tidene, men de fleste vil nok idag forlange mest mulig konstante forhold innendørs, uavhengig av variasjoner i uteklimaet. Veggenes oppgave skulle dermed være ganske klar: De skal skjerme mot solstrålingen slik at denne ikke kommer inn i rommene i sjenerende høy grad, de skal holde varmen ute om sommeren og kulden ute om vinteren, og de skal hindre inntrengning av vind og regn. De inngående materialer og komponenter skal også være mest mulig bestandige mot solstråling, varme, kulde, regn, vind, eroderende partikler osv.

Ved Norges byggforskningsinstituttts laboratorium i Trondheim er det i en årrekke blitt arbeidet spesielt med problemer vedrørende klimaets innflytelse på materialer og konstruksjoner. Alle sider av problemkomplekset er selvsagt ikke berørt, men det er iallfall ganske mange ting som etter hvert er blitt tatt opp til behandling. I det følgende vil det bli gitt en nærmere beskrivelse av undersøkelser av tetthet mot vind og slagregn, undersøkelser av kuldebroer, akselerert værbestandighetsprøving av bygningsmaterialer samt akselerert aldring av forseglede ruter.

### Tetthet mot vind og slagregn

Fig. 3 viser en systemskisse for lufttetthetsapparatet [3]. Denne består av et lufttett skap, en regulerbar vifte og en del måleutstyr. Det som skal undersøkes, f. eks. et veggfelt eller et vindu, monteres i en åpning i maskeringsfeltet A. Vanligvis prøves felter på 1.20 x 1.20 m, men det går å prøve størrelser opp til ca. 1.60 x 1.60 m.

Vindtettheten undersøkes ved å måle den luftmengde som pumpes inn i skapet, enten direkte over en gassmåler, eller ved å måle trykkfallet over en utskiftbar, sirkulær blende. Normalt brukes statisk overtrykk på opp til 700 Pa (70 mm vannsøyle), tilsvarende vindstyrke Beaufort 11, sterk storm, og det tegnes opp en kurve som viser luftgjennomgangen som funksjon av overtrykket. I spesielle tilfeller brukes høyere trykk, opp til 1500 Pa (150 mm vannsøyle).

Fig. 4 viser det diagram som Norges byggforskningsinstitutt bruker ved vurdering av vinduets vindtetthet. Man hadde tidligere en klassifisering i utmerket/god/brukbar/dårlig vindtetthet. Nå brukes kun en enkelt kurve for å skille mellom hva som er akseptabelt (under kurven) og hva som ikke er akseptabelt (over kurven). Det kritiske punkt er vanligvis grenseverdien på 10 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> ved et utvendig overtrykk på 700 Pa (70 mm VS).

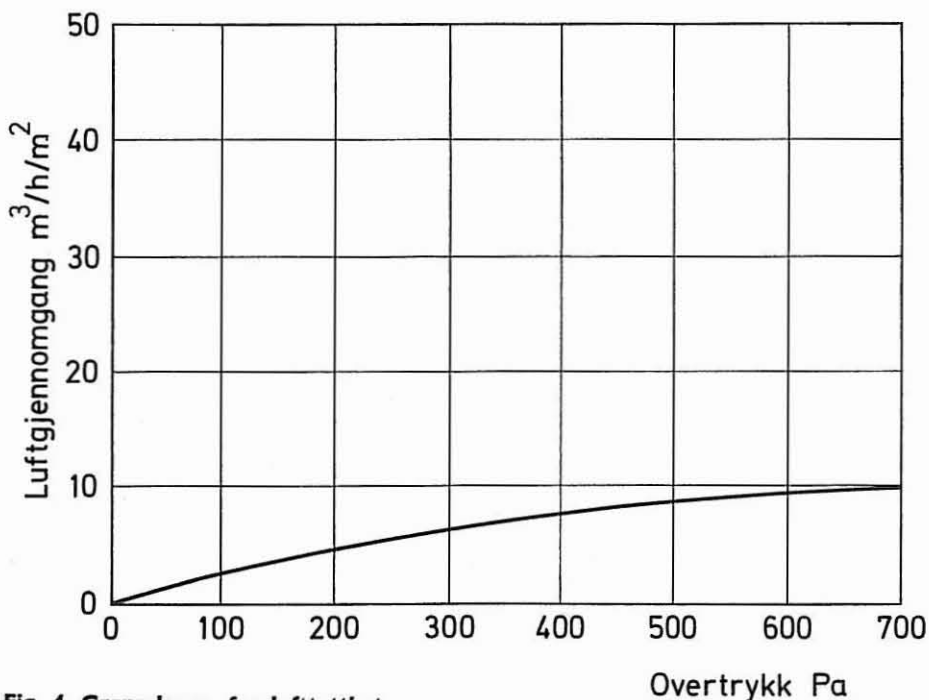


Fig. 4. Grensekurve for lufttetthet.

Slagregnapparatet [4] fremgår av Fig. 5. Denne omfatter også et lufttett skap med påmontert prøvefelt. Luftstrømmen fra en høytrykksvifte F ledes gjennom et fordelingskammer K, hvor luften fordeles jevnt til 16 gummislanger. Luften blåses ut i skapet gjennom metalldyser. En rad med dråpedyser er festet til en vannrenne A rett over luftdysene. Vannhøyden i rennen holdes konstant ved hjelp av overløp. Vanndråpene blir splittet av luftstrømmen fra utblåsningsdysene, og ved små vindstyrker blir dråpene også splittet og ført mot maskeringsfeltet ved hjelp av skråstilte messingplater L, montert foran utblåsningsdysene. Dråpene fordeles jevnt i hele feltets bredde. Både luftdysene og vannrennen beveges opp og ned ved hjelp av et motordrevet kjedetrekk G.

Slagregnmengden ved undersøkelsene er vanligvis  $17 \text{ l/m}^2\text{h}$ , noe som tilsvarer kraftig slagregn i Vest-Norge. Vann som renner nedover en fasade, simuleres ved hjelp av dyser på et fast montert rør C. Vanligvis brukes en nedsilende vannmengde på  $100 \text{ l/m h}$ .

Vindhastigheten blir regulert ved hjelp av en motordrevet ventil på luftinntaket på viften D. På skapets bakside er plassert en annen ventil B, også tilknyttet motoren E. Når ventilen på skapet er lukket, er viften åpen, og omvendt. Med dette arrangementet kan man regulere såvel vindhastighet som overtrykk, slik at vinden kommer som kast. Største vindhastighet er  $42 \text{ m/sek.}$  og samtidig overtrykk  $110 \text{ mm vannsøyle}$ . Frekvensen er 6 vindkast pr. minutt.

Den beskrevne undersøkelsesmetoden, med vindkast, er realistisk og nær opp til de dynamiske påkjenninger som forekommer i virkeligheten. Påkjenningene kan reguleres innen vide grenser, men vanligvis benyttes en midlere luftpåtrykk på  $28 \text{ m/sek.}$ , tilsvarende Beaufort 11, med nedre og øvre grense på respektive  $14$  og  $42 \text{ m/sek.}$  De samhoørende lufttrykksvariasjoner er fra ca.  $10$  til ca.  $110 \text{ mm vannsøyle}$ , slagregnmengde som tidligere nevnt  $17 \text{ l/m}^2\text{h}$  og nedsilende regn  $100 \text{ l/m h}$ . Undersøkelsesens varighet er vanligvis 1 time, men kan i enkelte tilfeller være lengre. Vanngjennomslag observeres normalt bare rent visuelt.

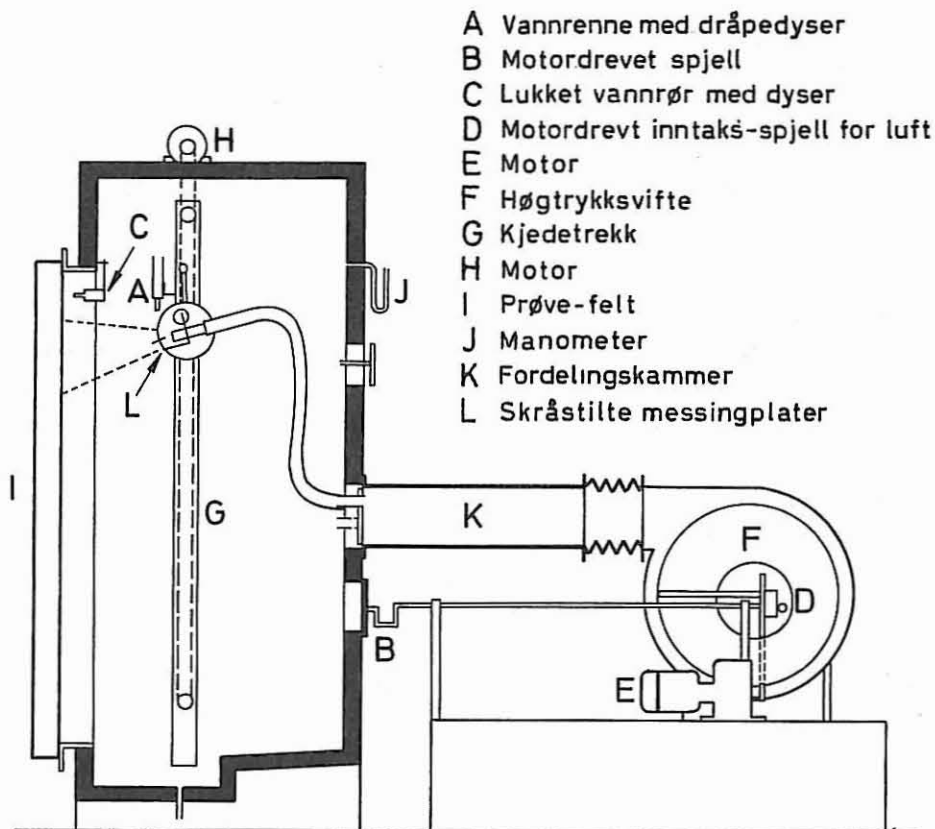
### Kuldebroer

Hus i strøk med kalde vintre blir vanligvis varmeisoleret godt. Isolasjonen er imidlertid aldri den samme over alt. Av forskjellige grunner, først og fremst styrkemessige, blir gjerne mindre deler av en vegg dårligere isolert enn resten. Disse deler får da ikke bare et høyere varmetap, men også en lavere temperatur på innsiden, noe som kan føre til ulemper med kondens, nedfukning og tilsmussing. Et ekstremt eksempel har man i visse typer betongkonstruksjoner der ytterveggene støpes sammen med innvendige skillevegger og dekker, og etterpå varme-

isolerer på innsiden. Her utgjør skillevegger og dekker virkelige kuldebroer tvers gjennom isolasjonen.

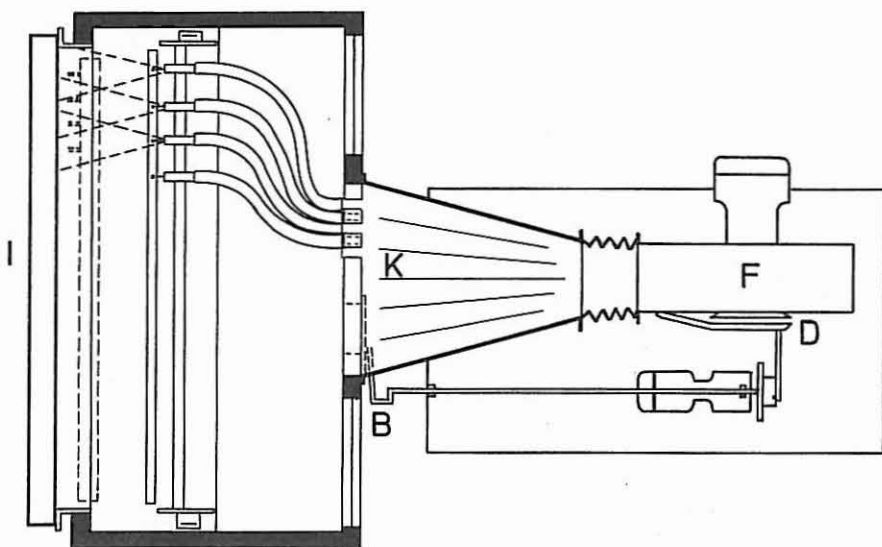
Å beregne kuldebroer er meget vanskelig. De undersøkes derfor gjerne eksperimentelt. Ved Norges byggforskningsinstituttets labo-

ratorier i Trondheim og Oslo blir dette utført i varmtrom/kaldtrom-arrangement. Dette består helt enkelt av to rom ved siden av hverandre, hvorav det ene reguleres på inneklime og det andre på uteklime. I veggen mellom rommene bygger man opp



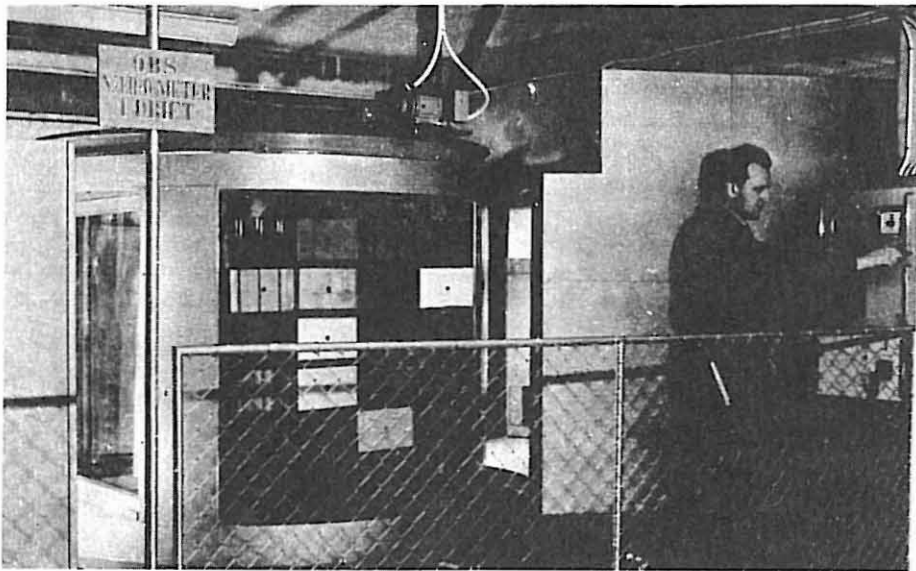
- A Vannrenne med dråpedyser
- B Motordrevet spjell
- C Lukket vannrør med dyser
- D Motordrevet inntakssjell for luft
- E Motor
- F Høytrykksvifte
- G Kjedetrekk
- H Motor
- I Prøve-felt
- J Manometer
- K Fordelingskammer
- L Skråstilte messingplater

Vertikalsnitt



Horisontalsnitt

Fig. 5.



NBI's «værometer».

den konstruksjonsdetalj som skal undersøkes i full skala, og man måler så f. eks. temperaturfordelingen. For en del kuldebroproblemer finnes nå regneprogrammer for EDB.

### Akselerert værbestandighetsprøving av bygningsmaterialer

Å komme frem til en realistisk form for akselerert aldring er noe alle materialforskere drømmer om. Det finnes riktignok visse apparater kommersielt tilgjengelig, mest kjent er Atlas Weather-Ometers, men disse har sine åpenbare begrensninger. For det første kan de bare ta meget små prøvestykker, for det annet omfatter påkjenningene vanligvis bare lys, varme og fuktighet.

Ved Norges byggforskningsinstituttets laboratorium i Trondheim ble det for en del år siden konstruert et «værometer» som kan ta relativt store prøvestykker, og med et utvidet program. Fig. 6 viser apparaturen. Denne består av et sirkulært sentralkammer og 3 påkjenningskamre. Sentralkammeret har plass til 4 prøvofelter på hver ca. 1 m<sup>2</sup>, forskjøvet 90° i forhold til hverandre. Kammeret står for det meste i ro, men dreier seg med visse tids mellomrom en kvart omdreining frem. Prøvestykkene blir derved brakt frem foran påkjenningskamrene i tur og orden. Ved UV-kammeret blir de utsatt for bestråling med høyfjellssollamper og samtidig oppvarming og uttørring. Ved befuktningsskammeret blir de nedfuktet og avkjølt, og ved frostkammeret blir de ytterligere avkjølt og nedfrosset. I den fjerde stillingen kan prøvestykkene inspiseres og utskiftes, uten at apparaturen behøver stoppes. I

denne stilling vil prøvestykkene tines langsomt opp samtidig som de blir utsatt for en viss grad av kondens. Prøvestykkene er fortsatt temmelig gjennomfuktet når de går inn foran UV-kammeret igjen.

I dette apparatet blir prøvene utsatt for en serie påkjenninger, omfattende sollys, varme, fuktighet, regn og frost. Apparaturen løper naturligvis automatisk. Hvileperioden i hver stilling ble til å begynne med satt til to timer, men ble senere kuttet ned til én time, samtidig som påkjenningene i UV-kammeret ble øket. Man når nå en svartplatetemperatur på ca. 80°C etter en time, mens lufttemperaturen i kuldekammeret går ned i ca.  $\pm$  25°C. De resultater som er oppnådd med dette «værometer», er hittil begrensede. Resultatene for overflatebehandling og fugetetningsmasser ser imidlertid meget fornuftige ut og tyder på en akselerasjonsfaktor på ca. 12 ganger. Med de nylig foretatte ombygninger regner man med å komme opp i en faktor på ca. 15 ganger.

### Akselerert aldring av forseglede ruter

Med forseglede ruter forstår vi fabrikkfremstilte to- eller flerlags glassruter med tørr luft eller gass mellom glasslagene og lufttett forsegling langs kantene. Disse produkter betegnes gjerne kommersielt som «isoleruter», til tross for at de ikke isolerer bedre enn alternative flerramsvinduer [5].

Fordeleene med forseglede ruter er først og fremst at det ikke dugger mellom glassene, at man slipper å pusse mellom glassene og at de rent konstruktive muligheter

er flere. Ulempene er blant annet at om kantforseglingen blir utett, vil det etter en tid dugge mellom glassene. Dette vil med tiden føre til at glasset blir anløpet inne i rutene og mer eller mindre ugjennomsiktig. Det er nettopp dette som har skjedd i praksis med ruter av enkelte fabrikata som har vært markedsført uten å være tilstrekkelig gjennomprøvet [6].

Fig. 7 viser apparaturen som er bygget ved Norges byggforskningsinstituttets laboratorium i Trondheim for akselerert aldringsprøving av forseglede ruter, slik at man på forhånd kan skille ut dårlige produkter. I denne apparaturen får 6 ruter av hvert fabrikat gjennomløpe et fastlagt program, mens rutene utsettes for temperaturvekslinger, pulserende vindtrykk, fuktighet og ultrafiolett stråling.

I apparaturen er det i alt plass til 24 ruter. Når disse er montert, dannes det 3 lukkede kasser hvor det kan sirkuleres luft med regulerbart trykk og regulerbar temperatur. Den siden av rutene som vender inn mot luftrommet inne i kassene, blir utstt for klimapåkjenninger, den motsatte siden for standard laboratorieforhold.

Ved å vekle mellom innblåsing av varmluft og kaldluft får man temperaturvekslinger. Pulserende vindtrykk oppnås med en pulsator montert på sugesiden av en høytrykksvifte. Til UV-bestråling benyttes lysrør med stråling hovedsakelig mellom 0.3 og 0.4  $\mu$ . Strålingen konsentreres i rutenes underkant med spesielle reflektorer. Rutene er montert med underkanten i et metallkar, og dette fylles med vann en gang pr. døgn. Vannet fordampes stort sett over natten, slik at rutenes underkant blir utsatt for nedfuktning/uttørringssykluser under samtidig UV-bestråling.

Det vil føre for langt å gå igjennom alle detaljer i programmet. Spesielt interesserte henvises til det foreliggende prøvningsprogram [7]. Programmet omfatter ialt 50 døgnssykluser, og rutenes aldring kontrolleres ved å måle duggpunktet for luften inne i rutene en gang pr. uke i henhold til en spesiell ikke destruktiv målemetode.

Resultatene som er oppnådd med denne apparatur for akselerert aldring av forseglede ruter, stemmer forbausende godt overens med de praktiske erfaringer [8].

### Referanser:

1. P. Moon: Proposed standard radiation curves for engineering use. Journal of the Franklin Institute, Vol. 230, Nov. 1940.
2. Sven D. Svendsen: Prinsipper for tetting mot vind og slagregn. Inngår i Norges byggforskningsinstituttets Særtrykk 71, Oslo 1962.
3. Hans Granum, Sven D. Svendsen og Annanias Tveit: Lette treveggers vindtetthet. Norges byggforskningsinstitutt, Rapport 7, Oslo 1954.

4. Sven D. Svendsen: Driving Rain. Norges byggforskningsinstitutt, Rapport 20, Oslo 1955.  
 5. Tore Gjelsvik: Vanlige vinduer eller forseglede ruter? Inngår i Norges byggforskningsinstitutt's Særtrykk 71, Oslo 1962.

6. Tore Gjelsvik: Performance of Sealed Double-Glazing Units in Severe Norwegian Climate. The West Coast Field Study 1963. Norges byggforskningsinstitutt, Rapport 44, Oslo 1965.  
 7. Program for typeprøving av forseglede ruter av 14. desember 1973.

8. Tore Gjelsvik: Test Methods for Sealed Glazing Units. Norwegian Experience with Accelerated Tests and their Correlation with Field Experience. Norges byggforskningsinstitutt, Særtrykk 168, Oslo 1969.

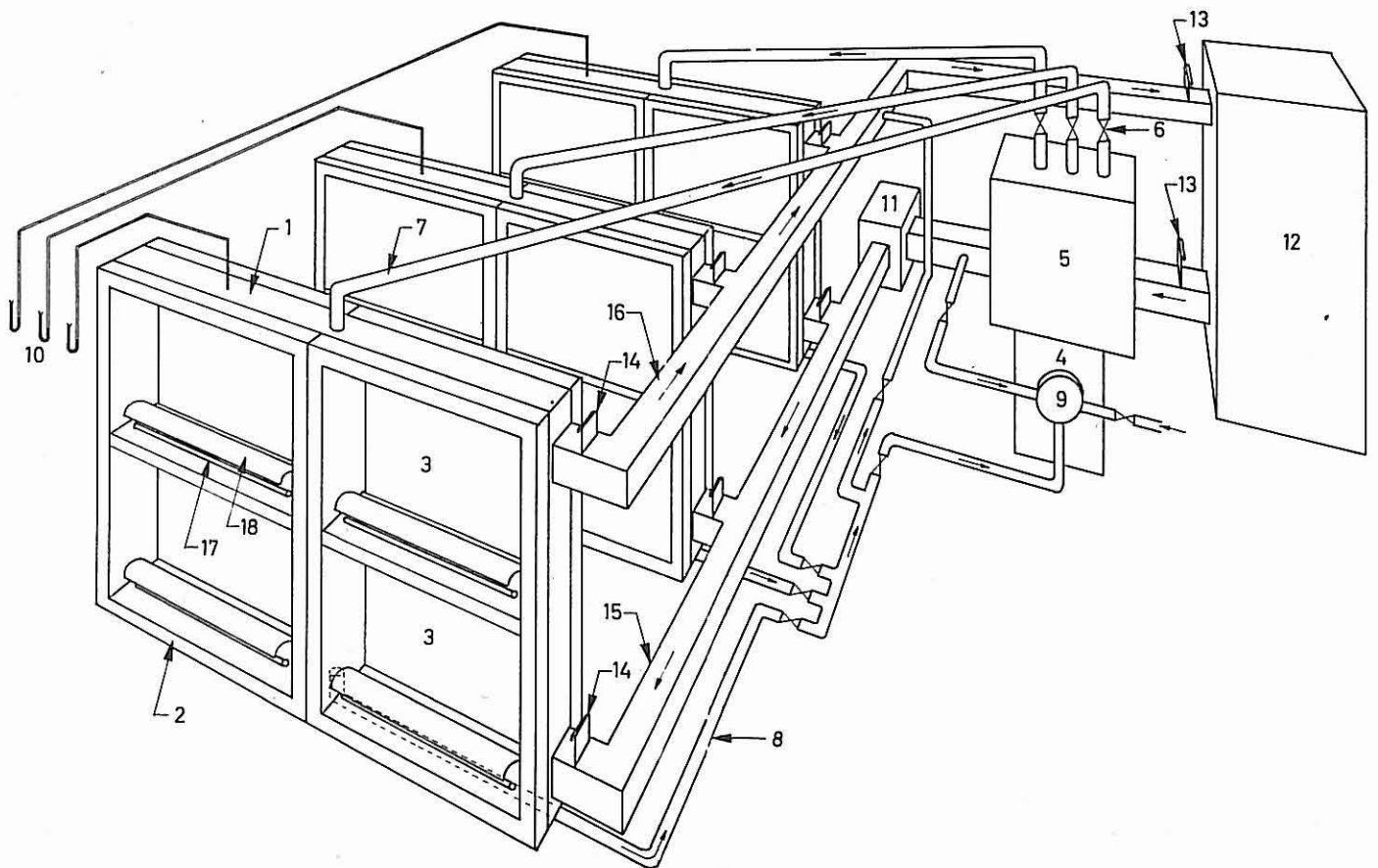


FIG. 7. Apparat for klimapåkjenninger på forseglede ruter

- |                   |                                  |                   |                                 |               |
|-------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------|
| 1. Karm           | 5. Varmekammer                   | 9. Pulsator       | 13. Hovedskjyvespjell           | 17. UV-rør    |
| 2. Ramme          | 6. Reguleringsventiler           | 10. Manometer     | 14. Skyvespjell                 | 18. Reflektor |
| 3. Forseglet rute | 7. Tilførselsledning, høyt trykk | 11. Kaldluftvifte | 15. Tilførselsledning, kaldluft |               |
| 4. Høytrykksvifte | 8. Returlledning                 | 12. Kuldekammer   | 16. Returlledning               |               |

SÆRTRYKK FRA «BYGGMESTEREN» NR. 3/75

NAPER-KRAGERO