

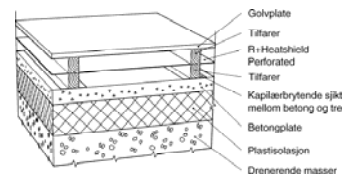
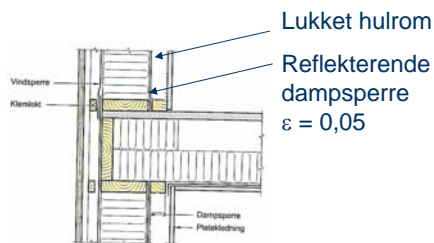
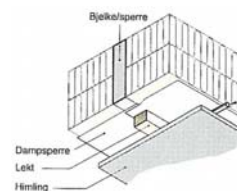
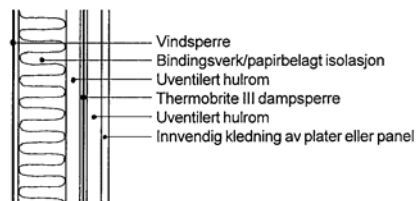
Varmereflekterende folier brukt i bygningskonstruksjoner

- Virkemåte
- Bruksområder
- Begrensninger

Sivert Uvsløkk
Seniorforsker, SINTEF Byggforsk,
Byggematerialer og konstruksjoner
Trondheim

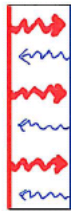
Foredrag ved Norsk bygningsfysikkdag
28. November 2007, Oslo

Varmereflekterende folier kan brukes i tak, vegger og golv



Reflekterende folie brukt i golv
figur fra Teknisk Godkjenning, TG 2494
se <http://www.sintef.no/>

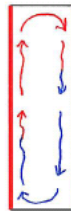
Varmeoverføring i bygningskonstruksjoner



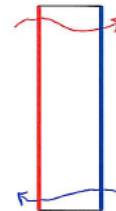
Stråling
I hulrom



ledning
i gasser og
materialer



konveksjon
i hulrom og
porøse
materialer



luftlekkasjer
gjennom
utettheter

Varmeoverføring ved ledning



Varmeledning i en gass skjer ved at varme molekyler overfører litt av sin bevegelsesenergi til kaldere molekyler ved gjentatte kollisjoner

Varme gassmolekyler har høyere fart og større bevegelsesenergi enn kaldere molekyler

$$\Phi_1 = A \cdot \lambda \cdot \Delta\theta / d \quad [\text{W}]$$

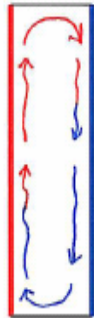
A areal

λ varmeledningstall (for luft er λ ca. 0,025 W/mK)

$\Delta\theta$ temperaturforskjell

d tykkelse

Varmeoverføring ved konveksjon



Luftsirkulasjon mellom varme og kalde flater er bestemt av:

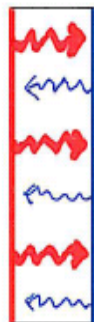
Drivkraft:

-temperaturforskjell mellom kald og varm side

Strømningsmotstand:

- bestemt av avstanden mellom flatene

Varmeoverføring ved stråling



Varmestråling fra en flate:

$$E_s = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [\text{W}]$$

ε flatens emisjonstall

σ Stefan-Boltzmanns konstant

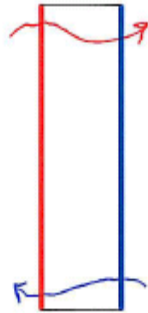
T flatens absolutte temperatur

Varmeoverføring mellom parallelle flater:

$$\Phi_s = A \cdot \sigma \cdot 1 / (1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1) \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad [\text{W}]$$

A areal

Varmeoverføring ved luftlekkasjer



Varmetap ved luftlekkasjer

$$\Phi_i = Q_i \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta\theta \quad [W]$$

- Q_i luftlekkasje
- ρ luftens densitet
- c luftens spesifikke varmekapasitet
- $\Delta\theta$ temperaturforskjell

Luftlekkasjen Q_i er bestemt av trykkforskjellen og konstruksjonens lufttetthet

Varmereflekterende folier virkemåte

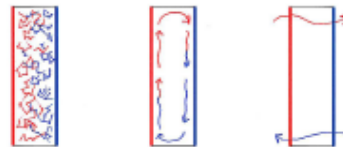
- Reflekterende folier øker isolasjonsevnen til **lukkede hulrom**
- ved å redusere den dominerende **strålingsoverføringen, Φ_s**

U-verdi:
 $U = 1 / (R_i + \Sigma R + R_e) \quad [W/m^2K]$

Varmemotstand:
 $R = \Sigma \Phi / (A \cdot \Delta\theta) \quad [m^2K/W]$

- De øvrige formene for varmeoverføring vil derimot øke litt

- Samlet varmeoverføring :
 $\Phi_T = \Phi_s + \Phi_l + \Phi_k + \Phi_i$



Beregning av varmeoverføringstall og varmemotstand

Samlet varmeoverføring i lukkede hulrom kan beregnes med god nøyaktighet ved hjelp av internasjonale standarder:

NS-EN ISO 6946:1996 (U-verdi for vegger og tak)

eller

ISO 15099:2003 (U-verdi for vindusruter)

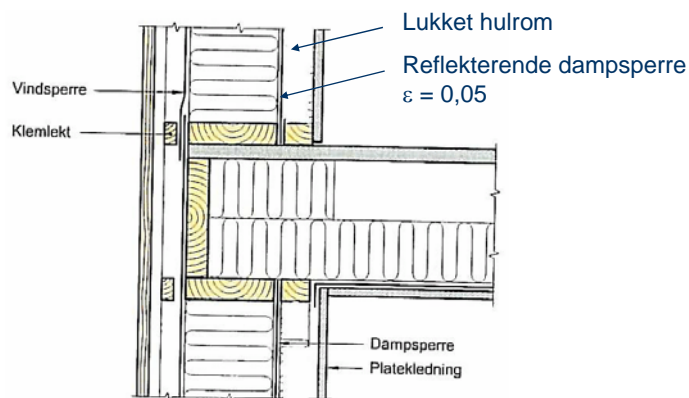
som regner litt riktigere

eller ved måling av hele konstruksjonen i "hot box"

ISO 8990:1994 (U-verdi for vegger)

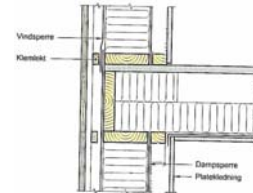
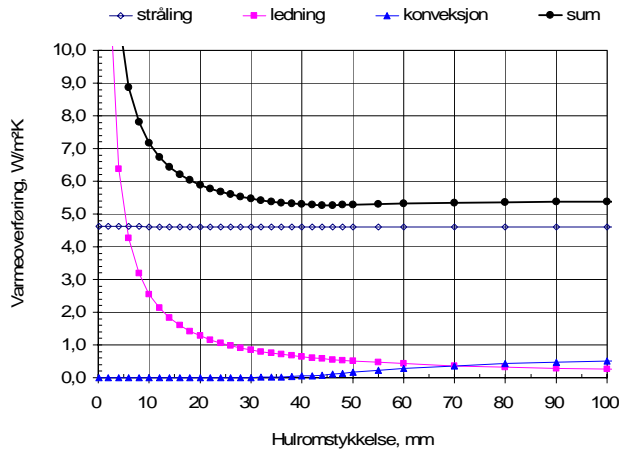
som gir størst nøyaktighet

Beregning av varmeoverføring i hulrom i vegger etter ISO 15099:2003



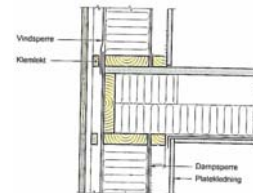
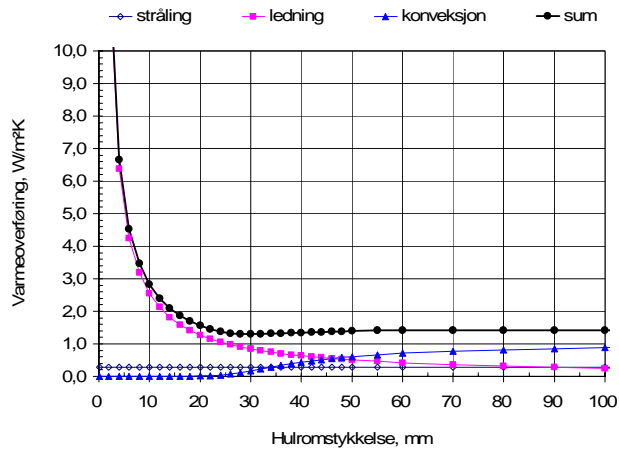
Bindingsverksvegg med 150 mm vanlig isolasjon, $\lambda = 0,037$ W/mK
og inntrukket varmereflekerende dampsperre, $\varepsilon = 0,05$

Beregnet varmeoverføring i hulrom i vegg
uten reflekterende folie dominerer strålingen når $d > 10$ mm



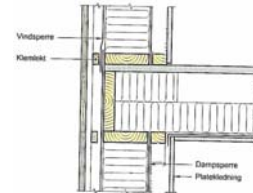
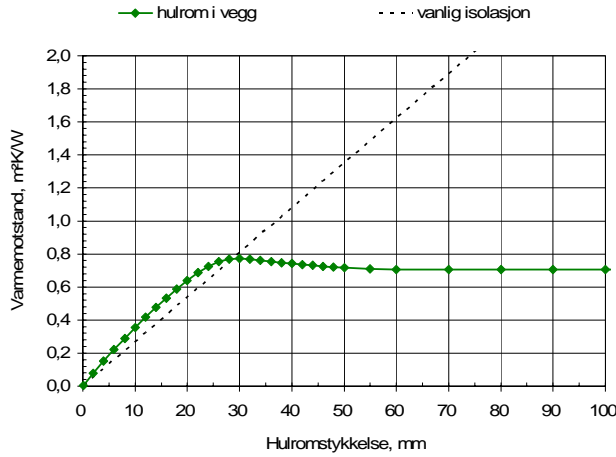
Bindingsverksvegg med 150 mm vanlig isolasjon, $\lambda = 0,037$ W/mK og inntrukket vanlig dampsperre, $\epsilon = 0,90$

Beregnet varmeoverføring i hulrom i vegg
med reflekterende folie dominerer ledning i tynne hulrom $d < 30$ mm
og konveksjon i tikkere hulrom $d > 60$ mm



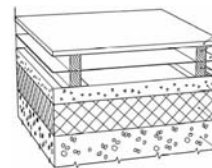
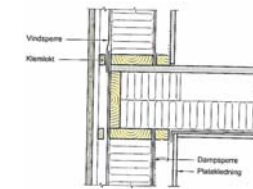
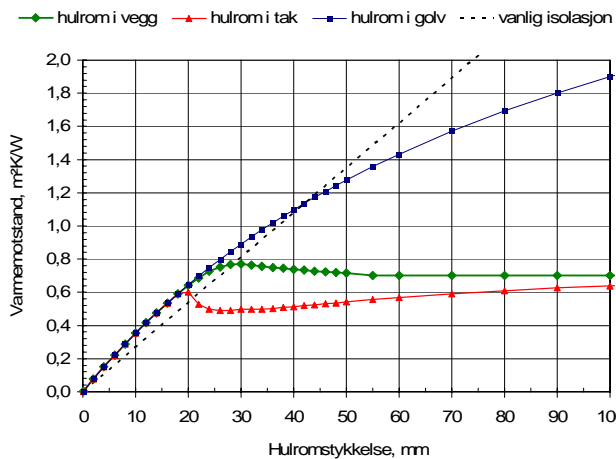
Bindingsverksvegg med 150 mm vanlig isolasjon, $\lambda = 0,037$ W/mK og inntrukket reflekterende dampsperre, $\epsilon = 0,05$

Beregnet varmemotstand til hulrom med reflekterende folie i en vegg sammenlignet med varmemotstand til samme tykkelse vanlig isolasjon **omtrent samme varmemotstand ved tvkkelser under 30 mm**



Bindingsverksvegg med 150 mm vanlig isolasjon, $\lambda = 0,037$ W/mK og **Inntrukket reflekterende dampsperre, $\epsilon = 0,05$**

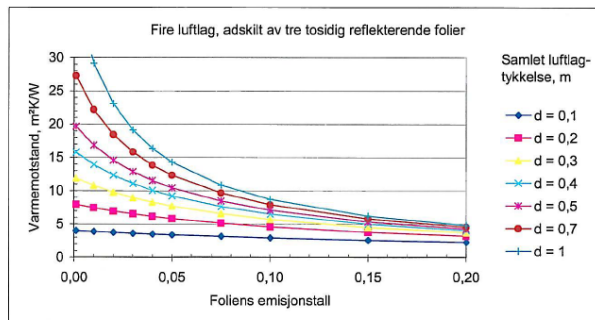
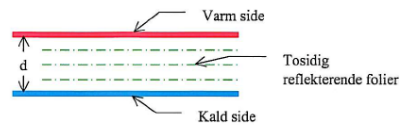
Beregnet varmemotstand til hulrom i golv, vegger og tak etter ISO 15099:2003



Bindingsverk med 150 mm vanlig isolasjon, $\lambda = 0,037$ W/mK og **Inntrukket reflekterende dampsperre, $\epsilon = 0,05$**

Reflekterende folier har størst potensial i hulrom i golv med nedadrettet varmestrøm

- der kan en unngå konveksjon ettersom lufta er termisk stabil



Villedende markedsføring fra noen produsenter, forhandlere og et utenlandsk sertifiseringsorgan:
"12 mm laminert produkt = 200 mm mineralull"
det er dessverre bare tull

Laminerte produkter av mange lag reflekterende folier og bobleplast eller plastskum har omtrent samme varmemotstand som samme tykkelse vanlig isolasjon,

men har tilsvarende virkning på lukkede hulrom som tynne folier med samme emisjonstall

Hulrom med reflekterende overflater er ingen ny oppfinnelse

I en termos har veggene lav emissivitet og luften er sugd ut fra hulrommet

Derfor er alle formene for varmeoverføring i hulrommet vesentlig redusert
varmeoverføringen skjer hovedsaklig ved ledning gjennom "kuldebroa" i flaskehalsen

I en punktert termos er hulrommet fylt med luft og varmeisolasjonsevnen vesentlig redusert



laminert produkter har ingen "ukjente magiske evner" - varmeisolasjonsevnen er bestemt av velkjente fysiske lover

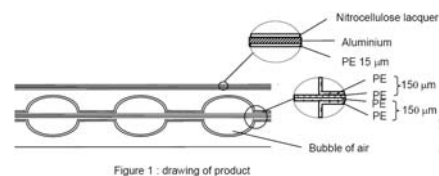


Figure 1 : drawing of product

$$RD = 0,20 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$D = 7 \text{ mm}$$

$$\lambda' = 0,035 \text{ W/mK}$$

$$\varepsilon = 0,05$$

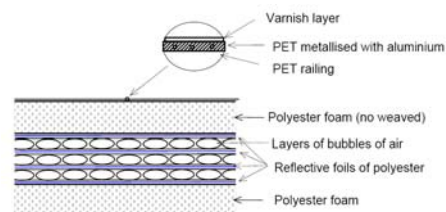


Figure 1 : drawing of product

$$RD = 0,85 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$D = 30 \text{ mm}$$

$$\lambda' = 0,035 \text{ W/mK}$$

$$\varepsilon = 0,07$$

Varmereflekterende folier i bygningkonstruksjoner oppsummering:

Et lukket hulrom som er avgrenset av en reflekterende folie kan ha tilnærmet samme varmeisolasjonsevne som:

ca 20 mm vanlig isolasjon i **tak**
ca 30 mm vanlig isolasjon i **vegg**

i **golv** kan flere hulrom mellom reflekterende folier ha samme varmeisolasjonsevne som mange dm vanlig isolasjon

på varm side av konstruksjonen bør folien være **damp tett**
på kald side av konstruksjonen **må** folien være **damp åpen**