

## Norsk bygningsfysikkdag Oslo 23. november 2010

- Robuste kompakte tak med forbedret selvuttørkingsevne
- Litt om grønne tak, og om ev. fordeler ved bruk av lyse takbelegg

Knut Noreng  
i samarbeid med  
Sivert Uvsløkk, Marius Kvalvik og Mark Murphy

### Robuste, kompakte tak

med økt selvuttørkingsevne og luftkanaler i isolasjonssjiktet.

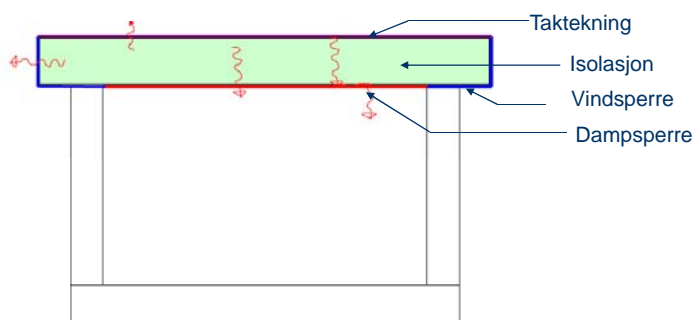
- Fra tidligere forskningsarbeider fra Klima 2000 vet vi at kompakte tak kan ha bra selvuttørkende evne, og at uttørkingen skjer via diffusjon og utilsiktede luftstrømmer.
- Robuste kompakte tak med økt evne til selvuttørking er en løsning av kompakte tak med små kanaler i isolasjonssjiktet og en ny parapetløsning for kontrollert luftgjennomstrømning og derigjennom økt evne til selvuttørking. *Rapporten klar for trykking i disse dager.*
- Løsningen dokumenteres endelig gjennom et pilotprosjekt (fullskala) Hvor takets selvuttørkende evne måles over en periode. *Aktiviteten er i gang, måleperioden er startet.*

## Diffusjon

Transport av vann-  
damp gjennom  
materialer pga  
damptrykkforskjell

Uttøringspotensialet ved diffusjon er lite:

Utover: Folie (PVC): ca 0,2-0,3 l/m<sup>2</sup> år  
Asfalt: ca 0,02-0,03 l/m<sup>2</sup> år  
Innover: PE-folie: ca 0,01-0,04 l/m<sup>2</sup> år



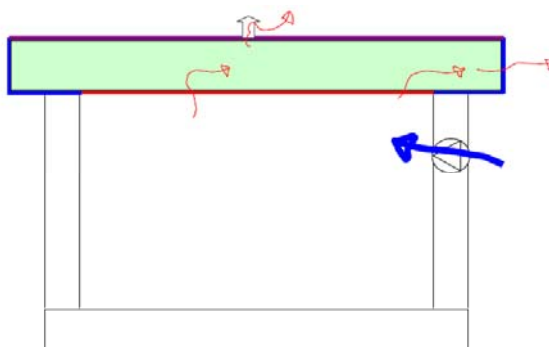
## Luftstrømmer - Gjennomstrømning, inne - ute

Gjennom taket pga  
utettheter og  
luftrykkforskjell

Risiko for oppfukning i vinterhalvåret og ved  
fuktilskudd større enn ca 1,5 g/m<sup>3</sup>

Fuktilskudd 1 g/m<sup>3</sup>: uttørking ca 0,7 l/m<sup>2</sup> år

Fuktilskudd 2 g/m<sup>3</sup>: oppfukning ca 0,5 l/m<sup>2</sup> år



Overtrykk inne under taket  
eller sug fra vind utvendig,  
samt utettheter gir luft-  
strømmer ut gjennom  
taket. Slike luftstrømmer  
gir normalt oppfukning av  
taket, men kan noen  
ganger bidra til uttørking.

## Gjennomstrømning, ute - ute

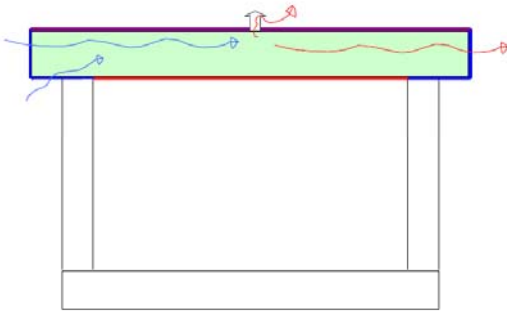
Uttøringspotensialet ved luftgjennomstrømning ute til ute er stort:

Med luftkanaler: ca 2-20 l/m<sup>2</sup> år

Uten luftkanaler: ca 0,1-2 l/m<sup>2</sup> år

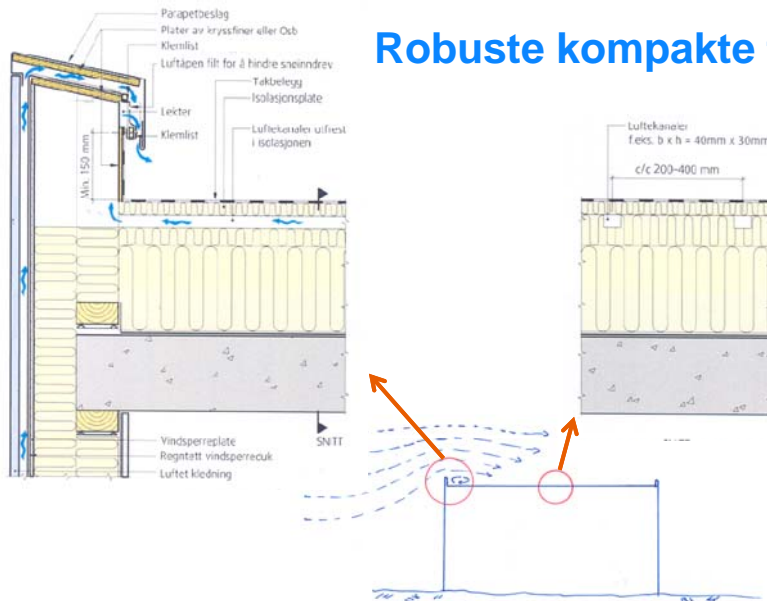
Sol og varmt – god uttørking

Klar, kald natt – kondens og oppfukning

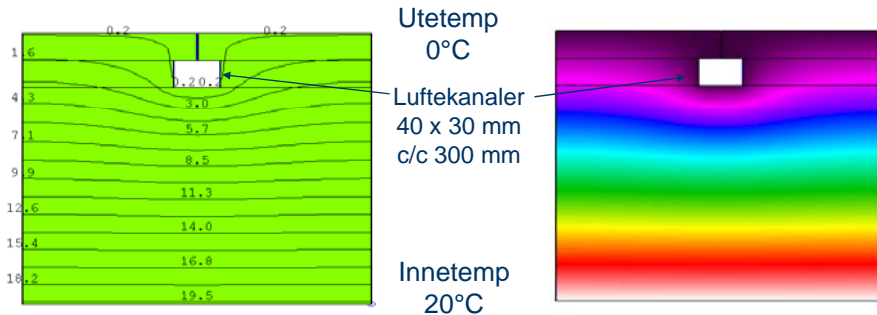


Med en helt tett dampspærre og så vidt litt luftåpne materialer eller naturlige utettheter på parapetene, kan en begrenset luftstrøm gjennom taket bidra effektivt til uttørking.

## Robuste kompakte tak



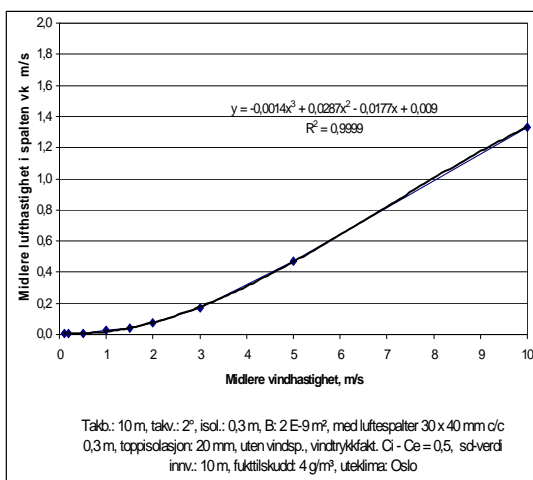
## Beregnet temperaturfordeling i 300mm takisolering med luftkanaler



A) Isotermene viser temperaturfordeling i 300 mm takisolasjon med luftkanaler. Isotermene er linjer hvor temperaturen er den samme, og viser noe nedsatt temperatur nær kanalen. Tilfellet er et "worst case" hvor det er forutsatt utetemperatur, 0 °C, i kanalen, noe som bare kan skje ved svært store vindhastigheter. I praksis vil middeltemperaturen i kanalen være høyere. Beregnet absolutt øvre grense for ekstra varmetap er i dette tilfellet ca 10 % sammenlignet med et tak uten kanaler.

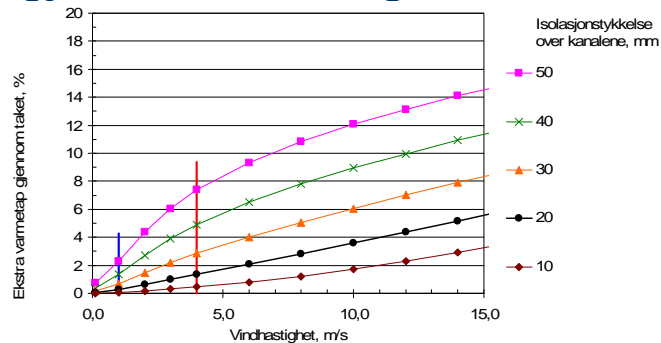
B) Som A), men i stedet for isotermer er temperaturfordelingen vist med farger.

## Sammenheng mellom vindhastighet og strømningshastighet i luftkanalene



Sted	Gjennomsnitt i fyrings-sesongen
Karasjokk	0,5 m/s
Tromsø	2,8 m/s
Trondheim	2,6 m/s
Røros	1,9 m/s
Kristiansund	4,9 m/s
Bergen	3,2 m/s
Lillehammer	1,7 m/s
Oslo	2,2 m/s
Kristiansand	4,0 m/s

## Forventet varmetap pga gjennomstrømningen i kanalene



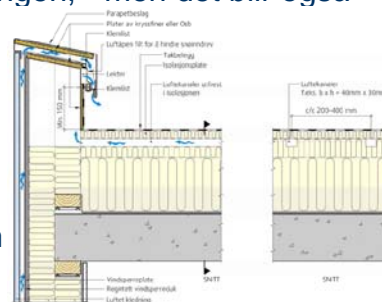
Takbredde: 10 m, takv.: 2°, isol.: 0,3 m, med luftkanaler 30 x 40 mm o/c 0,3 m, toppisolasjon:  
variert, vindtrykkfakt.:  $C_i - C_e = 0,5$ , utetemperatur:  $-4\text{ }^\circ\text{C}$

- De fleste steder i Norge er midlere vindhastighet mellom 1 og 4 m/s i fyringssesongen.
- I diagrammet er dette området markert med en vertikal blå strek, (1 m/s) og en vertikal rød strek (4 m/s). I følge diagrammet er beregnet ekstra varmetap gjennom taket som følge av luftkanalene mindre enn 3 % de fleste steder når isolasjonssjiktet over kanalene er 30 mm eller lavere.

## God selvuttørring vs lavt varmetap

- Jo større luftkanalene er og jo mindre avstanden mellom dem er, jo større blir selvuttørringen, - men det blir også varmetapet

- Byggeforsk sin anbefaling er:
  - Kanaldybde: 20 – 30 mm
  - Kanalbredde: 30 – 50 mm
  - Senteravstand: 200 – 400 mm



- Med den geometri som er valgt i beregningseksemplene, dybde x bredde = 30 x 40 mm, og senteravstand 300 mm, er selvuttørringen ca 50% av det man får i et luftet isolert skråtak (gitt dampåpent undertak med  $S_d = 0,5\text{ m}$ )

## Robuste, kompakte tak - Pilotprosjekt

Byggforsk' forsøksstasjon på Voll benyttes til pilotprosjektet.

Taket er ombygget, isolert, instrumentert og vann er tilført i isolasjons-sjiktet, og taket er tekket.



### Pilotprosjekt Tilsetting av fuktighet.

Det ble totalt tilsatt 4,1 l vann per m<sup>2</sup>, fordelt på de tre lagene med isolasjon  
Lag 1: 180 mm, påført 1,5 l/m<sup>2</sup>  
Lag 2: 100 mm m/kanaler, påført 1,6 l/m<sup>2</sup>  
Lag 3: 20 mm, påført 1,0 l/m<sup>2</sup>



Pilotprosjektets måleperiode startet 1. november og vil pågå i ca 1 år. Vi håper å få gode bekreftelser på at konseptet virket. Rapport ventes til 31. desember 2011

## Grønne tak Tradisjonelle løsninger



Terrasser med  
Bepantninger  
525.304

Torvtak  
544.803



Viktig med god utførelse av:

- Membran, avrenning og beskyttelse av membranen.
- Planter, vekstlag og drenering.

Har blitt benyttet pga:

- Estetiske hensyn.
- Grønne plasser for lek og rekreasjon.

## Økt interesse for grønne tak Nyere løsninger og nyere behov

Sedumtak er lette: 50 – 130 kg/m<sup>2</sup>  
Terrasser med sedum må ha gangarealer

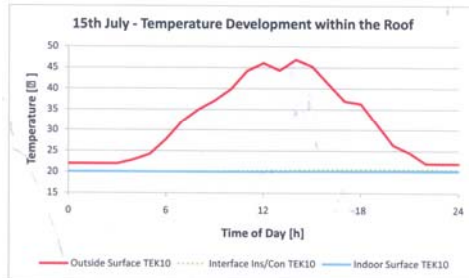


Hvorfor:

- Økt fokus på miljø og estetikk
- Økende fokus på helse og rekreasjonsarealer
- God fordrøyningseffekt, demper flomtopper og reduserer belastning på avløpsnett.  
(Noe dokumentasjon tilgjengelig)
- CO<sub>2</sub>-opptak og støvbinding  
(Lite dokumentasjon tilgjengelig)
- Behov for forskning?



## Tak med lyse takbelegg – Mindre kjølebehov?



Temperatur på innvendig og utvendig flate en god sommerdag

FIG 4. Temperature development of the indoor surface, interface between the concrete and insulation, and outdoor surface during the 15<sup>th</sup> July transient simulation

Årlig energibehov til romoppvarming og kjøling. Svært liten effekt.

Solar Abs.	30 W/m <sup>2</sup> Trondheim			40 W/m <sup>2</sup> Trondheim			40 W/m <sup>2</sup> Los Angeles		
	Heating	Cooling	Total	Heating	Cooling	Total	Heating	Cooling	Total
0.9	14315	741	15056	8358	6175	14534	805	20670	21475
0.6	14685	409	15095	8560	5686	14245	1166	15405	16571
0.3	15100	182	15282	8788	5174	13962	1641	11514	13155
0.1	15399	96	15495	8957	4819	13776	2082	9060	11143