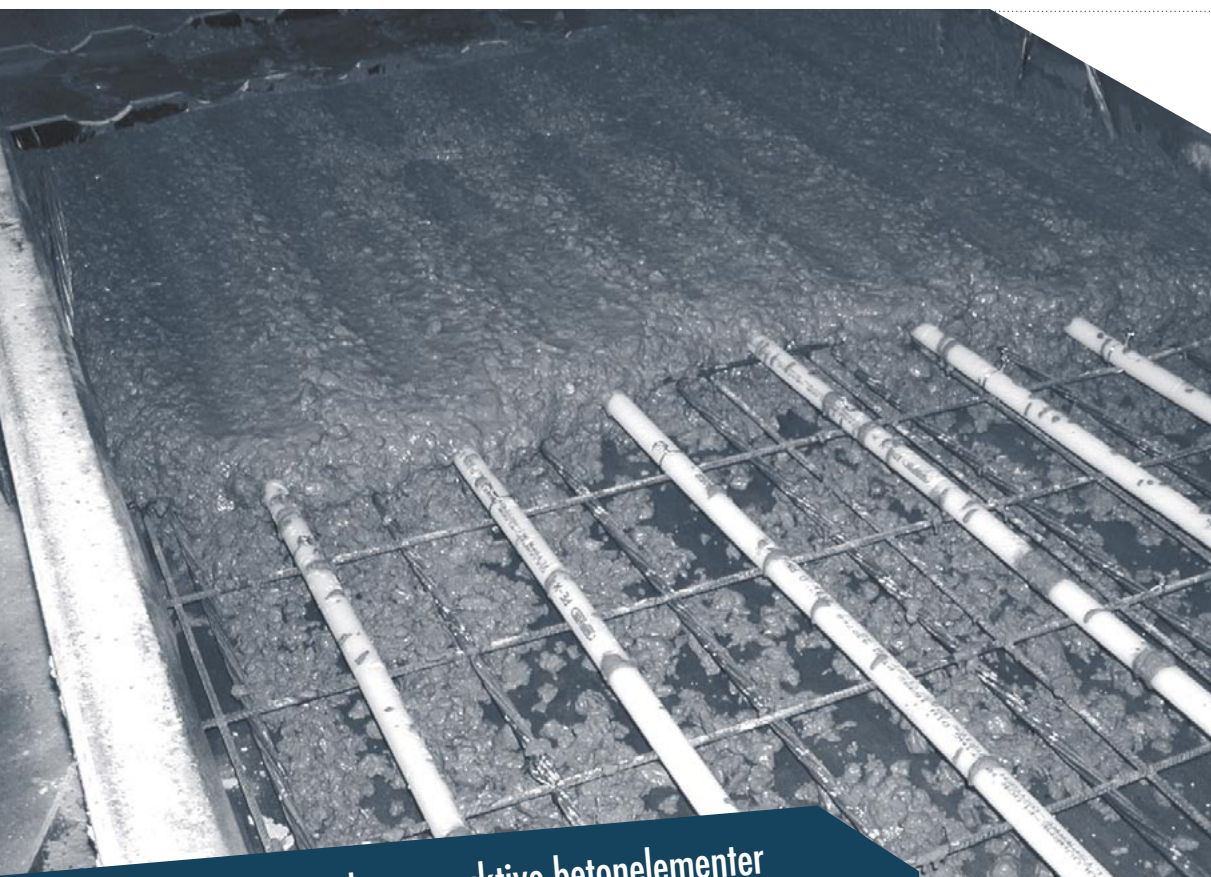




PSO 2003 - FORSKNING & UDVIKLING I EFFEKTIV ENERGIANVENDELSE

Komfortforhold og lastudjævning ved energi-effektiv køling med termoaktive konstruktioner



(Foto: Finn Passow, Sparncom)

Test af præfabrikerede termoaktive betonelementer i fuldskala mock-up og simuleringer af temperatur- og komfortforhold



danskenergi | net

ELFORSK

RESUMÉ:

Projektet har som anden af tre faser undersøgt mulighederne for at anvende præfabrikerede termoaktive konstruktioner i dansk byggeri. Under projektet er der opbygget en forsøgsopstilling, hvor der er udført målinger. Disse er suppleret med simuleringer og beregninger i programmerne TRNSYS og TASim.

Resultaterne viser, at termoaktive konstruktioner kan levere den nødvendige køle- og varmeudveksling, og at det er muligt at holde et acceptabelt indeklima med en styringsstrategi, der sparer el i de dyreste timer på døgnet. De termoaktive konstruktioner demonstreres p.t. i et nyt PSO-projekt for Middelfart Sparekasse.

MÅLSÆTNING:

På baggrund af et EFP-finansieret forprojekt (fase 1) har dette projekt (fase 2) haft til formål at bane vej for en praktisk anvendelse af termoaktive konstruktioner under hensyn til danske byggetraditioner. De teoretiske antagelser skulle verificeres gennem forsøg og målinger i en forsøgsopstilling, og der skulle foretages vejledende prøvestøbninger af præfabrikerede termoaktive betonelementer med udgangspunkt i en velprøvet sandwichteknik. Gennem målinger og simuleringer skulle projektet afklare, om termoaktive konstruktioner kan bidrage til et godt indeklima i moderne kontorbyggeri, og om de kan bidrage til lastudjævning.

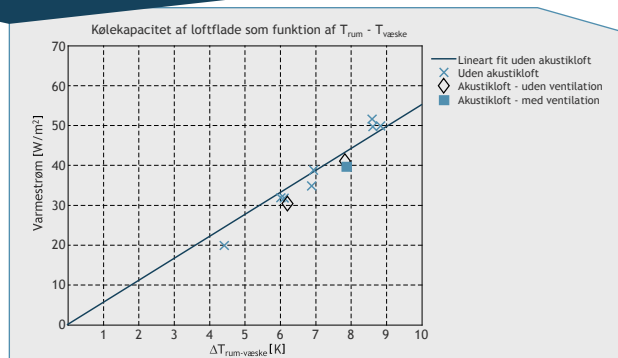
**TERMOAKTIVE KONSTRUKTIONER
KAN PRÆFABRIKERES MED LAVERE
ANLÆGSOMKOSTNINGER**

FIGUR NR. 1



Principskitse af termoaktive betonelementer.

FIGUR NR. 2



Kølekapacitet af loftflade med og uden akustikloft.

PROCESSEN:

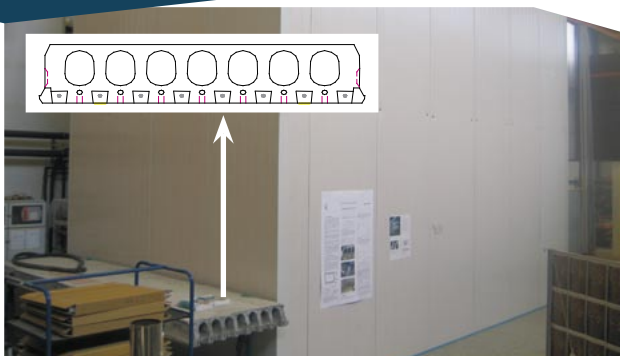
Det rådgivende ingeniørfirma COWI har udover projektledelse foretaget energimæssige beregninger og udviklet styringsstrategier, der kan tilpasse konceptet til priselastisk elforbrug. BYG-DTU har gennemført forsøg på en fuldskala mock-up med deltagelse af Teknologisk Institut. Spæncom har tilpasset sin sandwich støbeteknik til konceptet, bla. med vejledende prøvestøbninger.

Forud for projektet havde COWI, BYG-DTU og Teknologisk Institut i et forprojekt sandsynliggjort, at termoaktive konstruktioner ville kunne produceres industrielt, og at de kunne bane vej for betydelige elbesparelser.

For at bekræfte de teoretiske antagelser blev der hos BYG-DTU opbygget en forsøgsopstilling (mock-up) med et areal på 3,6 x 6,0 meter og en højde på 3,6 meter. Mock-up'en blev forsynet med to termoaktive dæk i gulv og loft. I denne opstilling er der udført stationære forsøg for at eftervise, om de termoaktive konstruktioner kan levere den køleudveksling på mindst 30 W/m², som moderne kontorbyggeri har brug for. Desuden er der målt på en opstilling med nedhængt loft for at afklare, om akustiske hensyn kan tilgodeses.

Under dynamiske forsøg er det undersøgt, om komfortforholdene for brugerne kan fastholdes på et acceptabelt niveau, når flowet i kølekredsen afbrydes. De fysiske målinger er efterfølgende brugt til at verificere simuleringer i programmerne TRNSYS og TASim.

FIGUR NR. 3



Mock-up på DTU.

RESULTATER:

De stationære og dynamiske målinger har i kombination med simuleringerne vist, at termoaktive konstruktioner kan bidrage til store elbesparelser på køling, opvarmning og ventilation, uden at komforthensyn til bygningsbrugere tilsidesættes.

Køleydelsen for de to dækelementer i forsøgsopstillingen er ca. 6,5 W/m²K. Det maksimale behov for køling i moderne kontorbyggeri på ca. 30 W/m² kan derfor dækkes ved en forskel mellem rum- og væsketemperatur på ca. 5°C.

Simuleringer har vist, at det er muligt at overholde indeklima-normens temperaturkrav, selv om de termoaktive konstruktioner kun køles om natten, hvor elprisen er lavest. Men det medfører let stigende rumtemperaturer i løbet af arbejdsdagen.

KONKLUSION:

Projektet har gennem både målinger og simuleringer påvist, at komfortbehov i moderne kontorbyggeri kan sikres med termoaktive konstruktioner. Det komfortmæssigt optimale system forudsætter, at de termoaktive konstruktioner benyttes til basistemperering, og at der suppleres med varmekilder, der kan reguleres hurtigt og individuelt.

Termoaktive konstruktioner er velegnede til byggerier, der kan indgå som reguleringskapacitet i elsystemet på forbrugssiden. Konceptet kan også optimere udnyttelsen af hybrid ventilation, grundvandskøling, varmepumper og lignende miljøvenlige systemer.

Prøvestøbninger og analyser hos Spæncom har vist, at de termoaktive dækelementer kan produceres til en merpris på 100-200 kr. pr. m², når først produktionsprocessen er optimeret.

Kontorbyggeri med kontorlandskaber indrettes med nedhængte lofter eller lignende af akustiske hensyn. Målinger i forsøgsopstillingen med nedhængt loft har vist, at kølesystemets kapacitet kun begrænses marginalt (5-10 %), når rumluften kan passere frit.

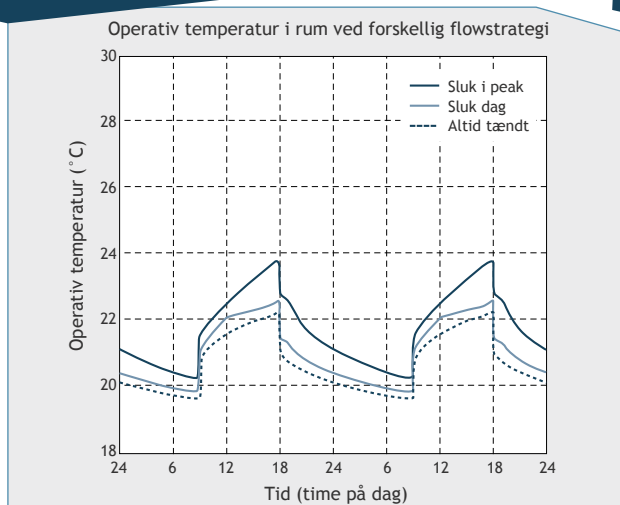
De termoaktive konstruktioner bruges også til opvarmning. Varmeafgivelsen fra dækelementerne er opgjort til ca. 3,5 W/m²K, hvilket betyder, at en væsketemperatur på 30-35°C kan dække det typisk dimensionerende varmebehov på ca. 35 W/m².

Simuleringer udført i programmet TRNSYS har vist, at bygningens kølebehov kan tilvejebringes ved en væsketemperatur på 19-20°C. Det betyder, at systemet kan baseres på frikøling om natten uden brug af mekanisk køling. I forhold til et traditionelt kompressor-kølesystem giver det en elbesparelse, der teoretisk kan opgøres til 85 %, men som i praksis nok vil blive lidt lavere.

Konceptet har dog en meget positiv totaløkonomi. Byggeriets anlægsudgifter forventes reduceret med op til 500 kr. pr. m², fordi besparelser på køle- og varmeanlæg og reduceret etagehøjde mere end opvejer merudgiften for de termoaktive dækelementer. Hertil kommer, at der kan ventes elbesparelser på ca. 16 kWh/m² om året til køling og ventilation, hvortil kommer besparelser på service af disse anlæg.

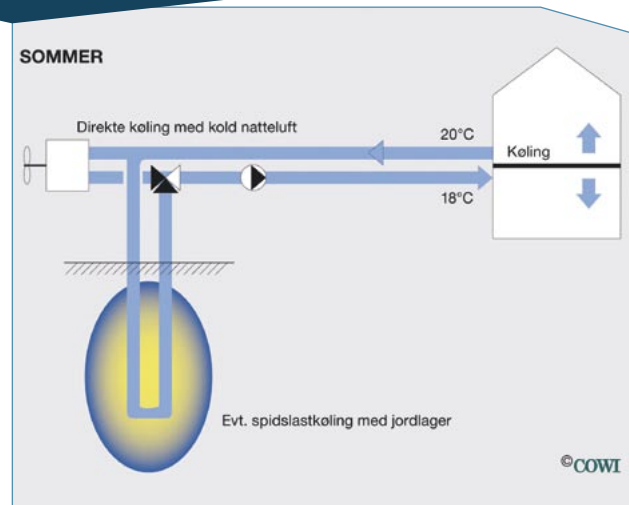
OMKOSTNINGERNE TIL KØLING OG VENTILATION KAN REDUCERES MARKANT

FIGUR NR. 4



Grafen viser den operative temperatur i et rum med en intern varmelast på 30 W/m², som illustrerer konsekvensen af evt. tariffilpasset drift (flow stoppet under spidslast eller i dagtimerne, så dækkene kun køles om natten med lastudjævning dvs. dimensionerende effekt. Kuldelagrung i dækket gør at rummet også køles tilstrækkeligt om dagen).

FIGUR NR. 5



Principdiagram af totalsystem. Om sommer frikøles med kølig udeluft om natten, hvilket i en række tilfælde vil være tilstrækkeligt. Et jordlager kan, om det ønskes, indbygges, så det kan levere spidslastkøling de få dage om året, hvor dette er nødvendigt. Altså helt uden brug af kølekompressor (COWI).

HVAD KAN PROJEKTET BRUGES TIL?

De positive resultater med forsøgsopstillingen på BYG-DTU har skabt grundlag for at afprøve konceptet med termoaktive konstruktioner i et fuld skala demonstrationsprojekt. Middelfart Sparekasse startede medio 2006 opførelsen af sit nye hovedsæde, der bl.a. rummer et nybyggeri på knap 3.000 m². Her skal der anvendes termoaktive dækelementer, der produceres af Spæncom.

F&U-programmet for effektiv energianvendelse har i projekt 338-041 ydet tilskud til de ekstra omkostninger, der er forbundet med at gennemføre demonstrationsprojektet i form af bl.a. energigranskning, systemintegration, styringsstrategi, etablering af ekstra målepunkter og gennemførelse af måleprogram. Hertil kommer aktiviteter til formidling af projektets resultater.

Det er projektgruppens mål gennem demonstrationsprojektet at skærpe byggesektorens interesse for at anvende termoaktive konstruktioner. I demonstrationsprojektet vil projektgruppen kunne dokumentere konsekvenserne for indeklimaet, og de beregnede elbesparelser vil kunne verificeres. Middelfart Sparekasse er indstillet på, at det nye hovedsæde bliver brugt til fremvisning, så informationerne om det nye koncept hurtigt kan spredes, når byggeriet tages i brug i løbet af 2008.

Takket være BYG-DTU's aktive medvirken i projektet, indgår konceptet for termoaktive konstruktioner nu i undervisningen af kommende bygningsingeniører, ligesom COWI bruger konceptet i sin rådgivning og markedsføring.



Under projektet har Spæncom udført prøvestøbninger, der viser, at de kulde- og varmetransporterende slanger godt kan indstøbes industrielt i kraft af en tilpasset sandwich støbeteknik. (Foto: Finn Passow, Spæncom)

EFFEKT:

Brugen af termoaktive konstruktioner (internationalt kendt under betegnelsen TABS – Thermal Active Building Systems) giver en stor besparelse på elforbruget i forhold til traditionelle kølesystemer, baseret på mekanisk køling med kompressorer. Konceptet gør det også muligt at anvende lavtemperaturdrift, der kan give øget afkøling og dermed større effektivitet i fjernvarmesystemet. Der kan opnås yderligere elbesparelser ved at kombinere med hybrid ventilation, varmepumper, grundvandskøling og lignende energieffektive koncepter.

Det er projektgruppens vurdering, at hvis det lykkes at opnå en markedsandel inden for nyt kontorbyggeri på ca. 50 % for termoaktive konstruktioner, kan der over en 10 års byggeperiode sikres en akkumuleret elbesparelse alene inden for køling på ca. 23 GWh med en CO₂-besparelse på 760.000 tons set over bygningernes 50 årige levetid.

Projektgruppen ser et lovende markedspotentiale for TABS-konceptet, fordi det ikke alene har en bedre totaløkonomi end traditionelle systemløsninger, men på sigt også vil være billigere i anlægsomkostninger. Den aktuelt dominerende byggestil i kontorbyggeri med store glaspartier betyder store vanskeligheder med de nye energikrav i Bygningsreglementet, men brug af termoaktive konstruktioner kan bidrage afgørende til at opfylde de skærpede energikrav.

Der er også oplagte muligheder for elselskabernes energirådgivere i at deltage aktivt i markedsføringen og på denne måde få godskrevet de opnåede elbesparelser i netselskabernes energispareforpligtelser.

WWW.ELFORSK.DK

PROJEKTLEDER:

Reto M. Hummelshøj
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kgs. Lyngby

E-mail: rmh@cowi.dk
Telefon: 45 97 27 66
Web: www.cowi.dk

PROJEKT:

Titel: Komfortforhold og lastudjævning ved energieffektiv køling med termoaktive konstruktioner
Nr.: 335-020
PSO Program 2003
Budget: 1.948.000 kr., heraf 1.331.000 kr. i tilskud fra ELFOR
Tidsplan: 01.03.2003 – 30.09.2005

PROGRAMKOORDINATOR:

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen
Dansk Energi Net
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C

E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
www.elforsk.dk