

FIGUR 1. UNI-ENERGY. KVERNHUSET SKOLE, NORGE. FOTO AF TERJE HEEN, FREDERIKSSTAD KOMMUNE.

Det varmer alt sammen...

BETON HAR GODE EGENSKABER, NÅR DET GÆLDER OM AT REDUCERE ENERGIFORBRUGET OG FORBEDRE DEN TERMISKE KOMFORT I BYGNINGER. INDERVÆGGE AF BETON ELLER TEGL, FUNGERER SOM ET ENERGILAGER FOR BYGNINGENS RUM, HVOR VARME KAN OPTAGES OM DAGEN OG FRIGIVES OM NATTEN.

Denne egenskab, der er knyttet til betonens varmekapacitet og varmeledningsevne, giver mulighed for at opføre bygninger med signifikant lavere energiforbrug og højere komfort i forhold til lette bygninger, med samme isoleringstykkelse. Man taler i den forbindelse om en bygnings "termiske masse".

En bygnings termiske masse har i princippet ikke noget med isoleringen at gøre og skal som sådan ligge på indersiden af denne og være eks-

poneret mod de rum hvortil varmen udveksles.

Byggematerialers evne til at agere varmereservoir er meget forskellige:

- **Mineraluld** leder varmen dårligt og har dårlig varmekapacitet; materialet kan ikke udgøre noget reelt varmereservoir
- **Stål** har en god varmekapacitet, men leder samtidig varmen for godt; energireservoiret fyldes og tømmes for hurtigt i forhold til døgncyklus

- **Træ** har en relativt god varmekapacitet, men leder varmen dårligt; den dårlige ledningsevne gør, at energireservoiret fyldes og tømmes for langsomt i forhold til døgncyklus
- **Beton og murværk** har god varmekapacitet og moderat ledningsevne. Denne kombination gør, at energireservoiret kan fyldes og tømmes i takt med døgncyklus.



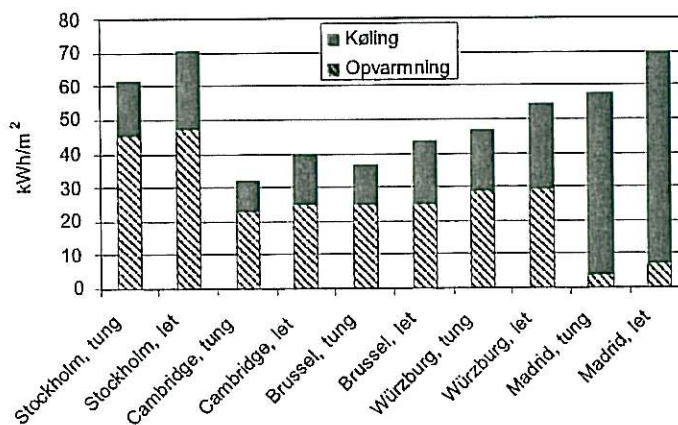
JESPER SAND DAMTOFT
 DIREKTØR, FORSKNING OG UDVIKLING
 RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTRE
 AALBORG PORTLAND GROUP
 AALBORG PORTLAND A/S
 E-MAIL: JSD@AALBORGPORTLANDGROUP.COM



JACOB THRYSOE
 TEKNISK KONSULENT, CIVILINGENIØR
 CEMENTTEKNISK OPLYSNING, CTO
 E-MAIL: JAT@AALBORG-PORTLAND.DK

En bygning med høj termisk masse, vil udover evnen til at lagre og frigive energi dæmpe variationer i temperaturen, hvorved indeklimaet bliver mere behageligt, [1].

Der er tale om betydelige energimængder, idet den energi der medgår til at opføre en bygning, er langt mindre end den energi, der bruges til opvarmning og elektricitet. For eksempel er det vist i [2], at der over en periode på 50 år forbruges 15000 MJ/m³ til opvarmning og elektricitet i en typisk bygning af beton og kun 500 MJ/m³ til dennes opførelse.



FIGUR 2. MODELBEREGNINGER AF ENERGIFORBRUG TIL KONTORBYGGERI I FORSKELLIGE EUROPÆISKE KLIMAER.

Hvor stor er effekten?

De seneste år er der lavet en del undersøgelser af effekten af bygningers termiske masse i relation til energi og komfort. Samstemmende kan man herudfra sige, at effekten er betydelig

og har stor indvirkning på energiforbruget til såvel opvarmning som afkøling. I [3] er 28 internationale undersøgelser opsummeret, og disse viser, at:

- Der kan spares 2-15% af varmeenergien på grund af den termiske masse, sammenlignet med lette bygninger
- I et varmt klima er indetemperaturen 3-6 °C lavere i en tung bygning sammenlignet med en tilsvarende let, såfremt der ikke anvendes køling
- I forbindelse med natkøling af bygninger, kan en tung bygning i kombination med naturlig ventilation reducere energien til køling med op til 50%.

Region	Forventet energiforbrug til opvarmning kWh/m ² per år				Gennemsnitlig månedstemperatur Oktober - april °C
	Tungt	Let	Forskel	%	
Polarcirklen	128,7	133,4	4,7	3,7 %	-7,9
Nordeuropa	66,7	70,7	4,0	6,0 %	1,1
Nordeuropa, kyst	53,1	57,4	4,3	8,1 %	3,4
Storbritannien	37,6	43,1	5,5	14,6 %	5,9
Benelux landene	42,2	48,8	6,6	15,6 %	5,6
Central Europa	49,2	53,3	4,1	8,3 %	3,8
Alperne	60,6	65,9	5,3	8,7 %	1,4
Middelhavområdet	8,0	12,2	4,2	52,5 %	12,1

TABEL 1: ENERGIFORBRUG FOR BEBOELESBYGNING I FORSKELLIGE EUROPÆISKE KLIMAER (MODEL).

Specifikt har en fælleseuropæisk undersøgelse fokuseret på, hvorvidt den termiske masse i en tung bygning minimerer det samlede energiforbrug, samt hvorvidt indeklimaet stabiliseres, [4,5].

Undersøgelserne er baseret på en computermodel af en to etages bygning beregnet for såvel bolig som kontorbrug. I modellen blev bygningen konstrueret som hhv. en tung bygning af beton i såvel gulve, som yder- og indervægge, og en let bygning med gulve af beton og yder- og indervægge af træ/stålskelet med beklædning af gips. I begge modeller var isoleringstykkelsen den samme, således det udelukkende var effekten af den termiske masse, der blev vurderet.

Bygningerne blev simuleret for et antal normalt forekommende klimatyper i Europa, hvilket vil sige fra polarcirklen til middelhavsområdet, med resultat som vist i tabel 1 og figur 2. Disse bekræfter, at tunge bygninger kan være mere energieffektive end lette bygninger, når disse sammenlignes på ens vilkår.

Gennemregninger af eksisterende bygninger i England, Irland, Sverige, Tyskland og Portugal understøtter resultaterne.

I det danske "Produktområdeprojekt vedrørende Betonprodukter" har en parallel undersøgelse vist, at man i forhold til energikravene i det nye bygningsreglement, i et konkret eksempel, kunne spare op til 11-13% af energiforbruget ved at bruge en tung bygning i stedet for en let. Hertil kom et mindre energiforbrug til at fjerne overskudsvarme, idet denne oplagres i massen og ikke skal ventileres væk. [6].

Udnyttelse af den termiske masse

Vil man udnytte og optimere de energimæssige fordele, der er ved at anvende beton i fremtidens byggeri, vil det være relevant at se på intelligente kombinationer af opvarmning, ventilation, afskærmning, bygningsdesign og natkøling. Herved kommer tungt byggeri til sin ret og beton

vil stå sig særdeles godt i forhold til andre byggematerialer.

Et eksempel herpå er UNI-Energy, der er et Norsk koncept udviklet af Unicon A/S og SINTEF; her udnyttes betonens termiske egenskaber i forbindelse med højenergieffektivt boligbyggeri, se figur 1. I kombination med specielle arkitektoniske- og teknologiske løsninger opnås:

- 50% reduktion af energi til opvarmning
- Ingen behov for køling
- 50% reduktion af energi til belysning
- 50% reduktion af energi til ventilation

Opsummering

Det kan påvises, at tungt byggeri, i sammenligning med let byggeri, også fra et energimæssigt synspunkt, er mere fordelagtigt. Dette gælder såvel opvarmning som køling. Over bygningens levetid er denne besparelse betragtelig, idet kun en mindre del af energiforbruget medgår til opførelse af bygningen.

Energi til opvarmning kan umiddelbart reduceres med 2-15% og energi til køling kan reduceres med op til 50% i sammenligning med en tilsvarende let bygning med samme isoleringstykkelse. I kombination med gennemtænkt arkitektur og teknologiske løsninger er besparelserne større.

Udover energimæssige besparelser opnås desuden et bedre indeklima, hvor variationer i temperaturen udjævnes over døgnet.

Ved at udnytte de termiske egenskaber på en aktiv måde, har beton således potentialet til signifikant at reducere energiforbruget og CO₂-udledning i forbindelse med brug af bygninger. Det kræver dog, at betonbranchen mere aktivt gør opmærksom på dette og gør fordelene brugbare i praksis.

Referencer

- [1] "Termisk masse og klimatisering af bygninger", informationshæfte. Kan downloads via www.Byggutengrenser.no, 2006
- [2] K. Kuhlmann, H. Paschmann, *Beitrag zur Ökologischen Positionierung von Zement und Beton*, ZKG International, 50(1), 1-8, 1997
- [3] Hietemäki, J., Kuoppala, M., Kalema, T. and Taivalantti, K.: "Thermal mass of buildings – Central researches and their results." Tampere University of Technology, Institute of Energy and Process Engineering. Report 2003:174. Tampere, Finland, 43 pp + Annex
- [4] Johannesson, G. et al.: "Possibility to energy efficient houses by new integrated calculation approach." ByggTeknik No. 3, Stockholm, Sweden 2006, 66 pp
- [5] "Concrete for energy-efficient buildings. The benefits of thermal mass". European Concrete Platform, 2007. 18p
- [6] "Varmeakkumulering i beton". Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 19. Kan downloades via www.mst.dk, 2007



AALBORG PORTLAND

CtO - Cementteknisk Oplysning

Postboks 165 • DK-9100 Aalborg
Tel. +45 99 33 77 54
www.aalborg-portland.dk