

Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Teknologisk Institut, Byggeri, Beton,

Lars Olsen

- Bygningsreglementets energibestemmelser
- Varmeakkumulering i beton
- Bygningers varmekapacitet
- Bygningers energibehov
- Konklusioner



Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Side 10

Mester&Svend

Nr. 4 - 12. Oktober 21



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Den nye boss - energirammen

Nyt bygningsreglement skal sørge for, at der bliver sparet på varmen i de danske bygninger. Hovedmålet hedder energirammen, som sætter mål på, hvor meget en bygning må forbruge.

Af journalist Michael Rughede

Når nye ændringer i bygningsreglementene træder i kraft fra januar næste år skal der for alvor bygges energibesparende. Der er nye regler for både nybyggerier, til- og ombygninger.

For nybyggerier hedder standardværditallet til beregning af energiforbruget energirammen. Det er et tal for, hvor meget energi bygningen forbruger per kvadratmeter, når alt der sluges energi regnes med: opvarmning, ventilation, køling, varmt vand og belysning.

Når en ny bygning står færdig, skal den holde sig inden for energirammen, som er sat til 70 kWh/kvadratmeter + 2200 bygningens etageareal. For en ny 200 kvadratmeter villa er energirammen således 70+11=81 kWh/kvadratmeter.

Tallet finder man frem ved at regne på bygningens energibehov og konstruktions. Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) har udarbejdet et program, der kan beregne

Er der tale om en tilbygning vælger at bruge energirammen lade de enkelte bygningsskud indse for u-værdierne, der er lidt skarpere end dem, som en helt ny bygning.

For ombygninger bygges kende efter u-værdier svarer gælder for tilbygninger.

Større valgfrihed

Fidusen ved energirammen op er en ramme, som man indstiller. Blot man overblik plus u-værdier, lufttæthed stigning kan man frit vælge være et superkylt lag isoler der skal kompenseres for lidt billigere standard ens omvendt. Skal man bygge handler det altså om at de enkelte bygningsskud i huset overholder rammen

Hård omstilling til nye energikrav

Det nye bygningsreglement kræver nye arbejdsmetoder og rutiner af de udførende.

Af journalist Michael Rughede

Uret tigger for byggebranchens udførende. Ved årsskiftet skal der bygges efter det nye bygningsreglement. Det vil kræve nye beregningsmetoder for anvendelse og dimensionering af forskellige

på plads, og at de ikke giver anledning til store ændringer.

Nye byggemetoder

Den store udfordring ligger først og fremmest hos de udførende. At få dem gjort klar til de byggetekniske forandringer

Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Termisk masse og varmeakkumulering i beton



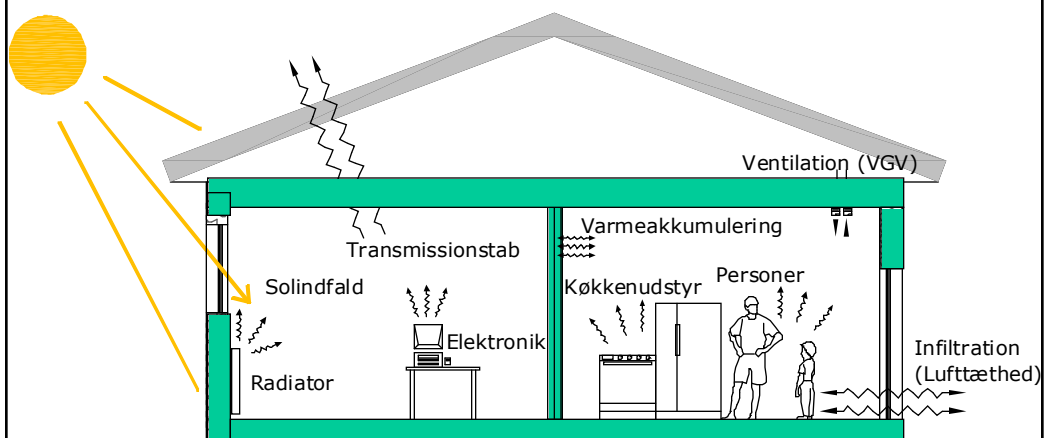
Beton og energibestemmelser

- Varmeakkumulering i bygninger (passive og aktive systemer)
- Indeklima
- Varmetab (flader og linjetab)
- Tæthed af bygninger

Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olesen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Termisk masse og varmeakkumulering i beton Påvirkning af energiforbrug



Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olesen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

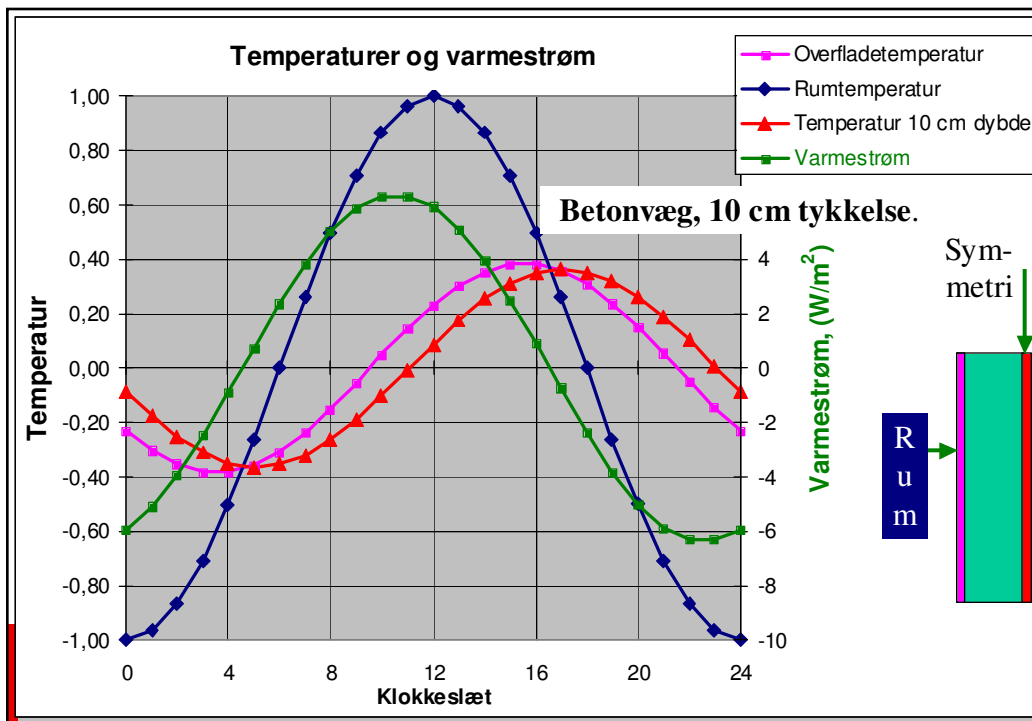
Varmeakkumulering i beton, materialeegenskaber

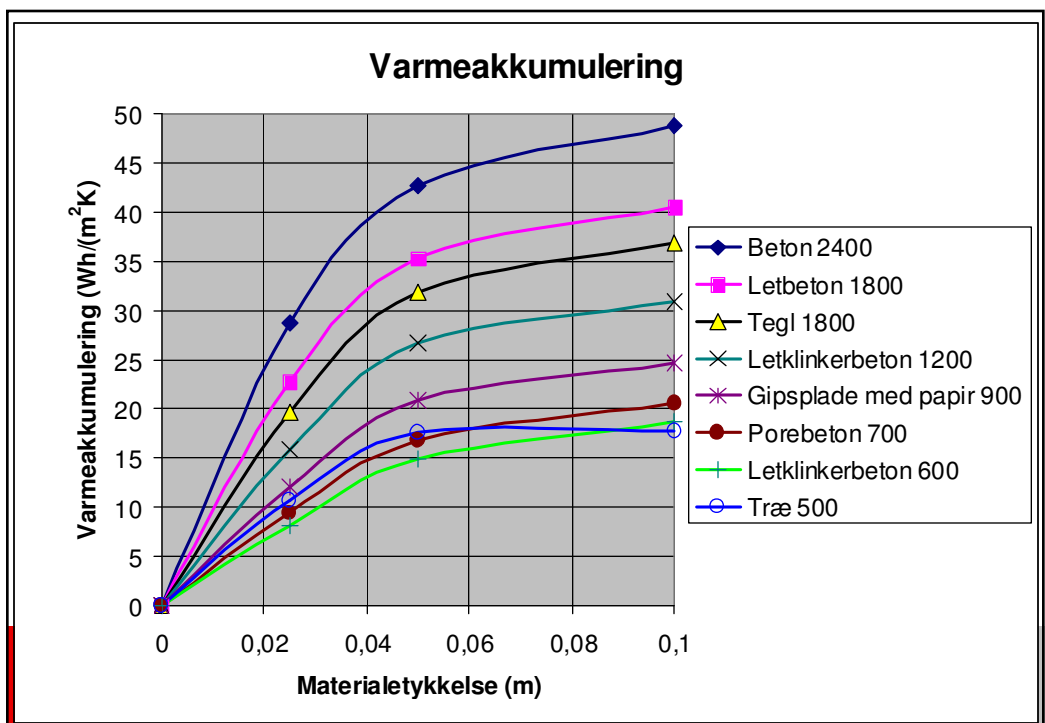
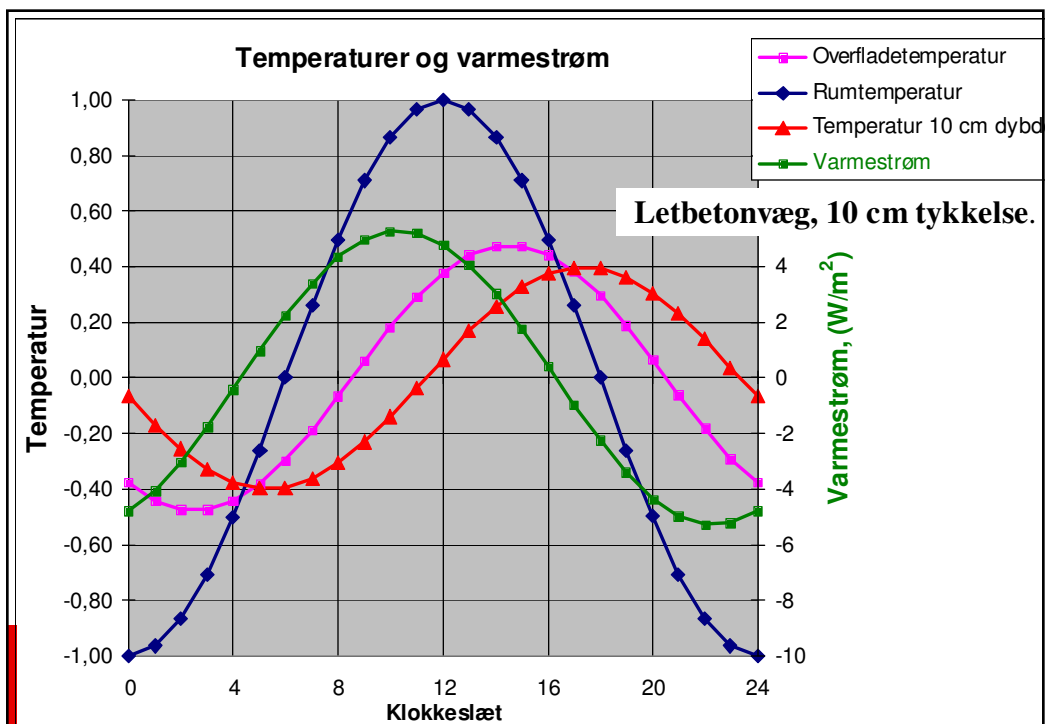


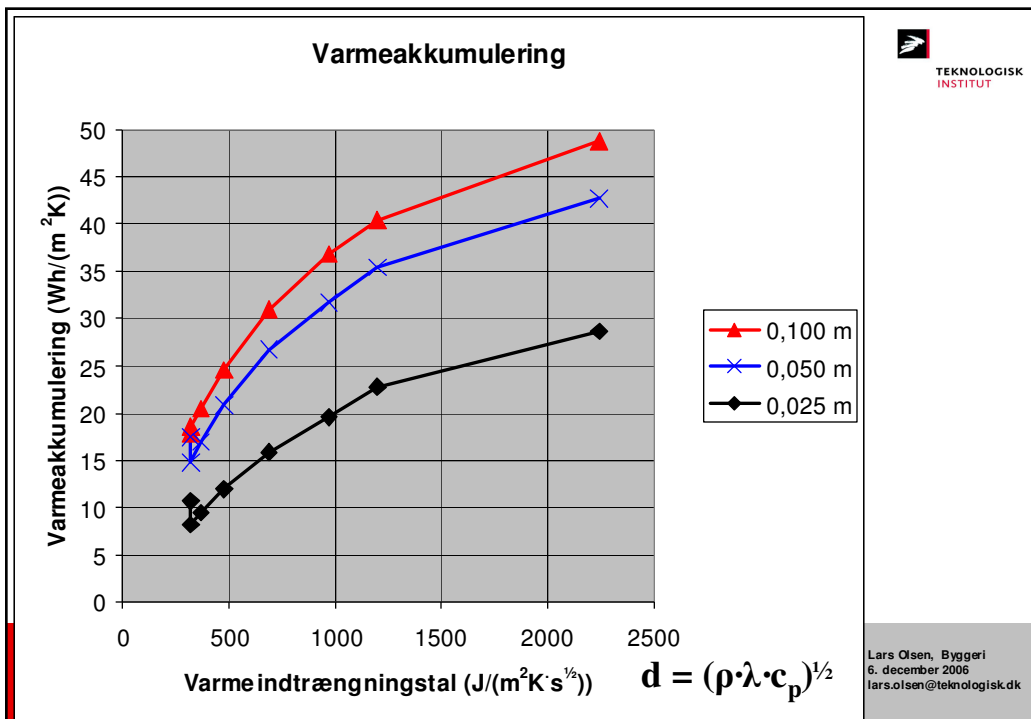
Nr.	Materiale	Densitet	Varmedningsevne	Varmekapacitet	Varmekapacitet pr. volumen	Varmeindtrængningstal
		ρ	λ	c_p	$c_p \cdot \rho$	d
		kg/m ³	W/mK	J/(kgK)	MJ/(m ³ ·K)	J/(m ² ·K·s ^{1/2})
1	Beton	2400	2,1	1000	2,40	2245
2	Letbeton	1800	0,8	1000	1,80	1200
3	Tegl	1800	0,62	840	1,51	968
4	Letklinkøbeton	1200	0,4	1000	1,20	693
5	Gipsplade med papir	900	0,25	1000	0,90	474
6	Porebeton	700	0,19	1000	0,70	365
7	Letklinkøbeton	600	0,17	1000	0,60	319
8	Træ	500	0,13	1600	0,80	322

Betons termiske masse og varmeakkumulering
 Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA


Lars Olsen, Byggeri
 6. december 2006
 lars.olsen@teknologisk.dk







Termisk masse og varmeakkumulering i beton



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Aktiv varmekapacitet:
Aktuel akkumuleret varme (ved døgnvariation)

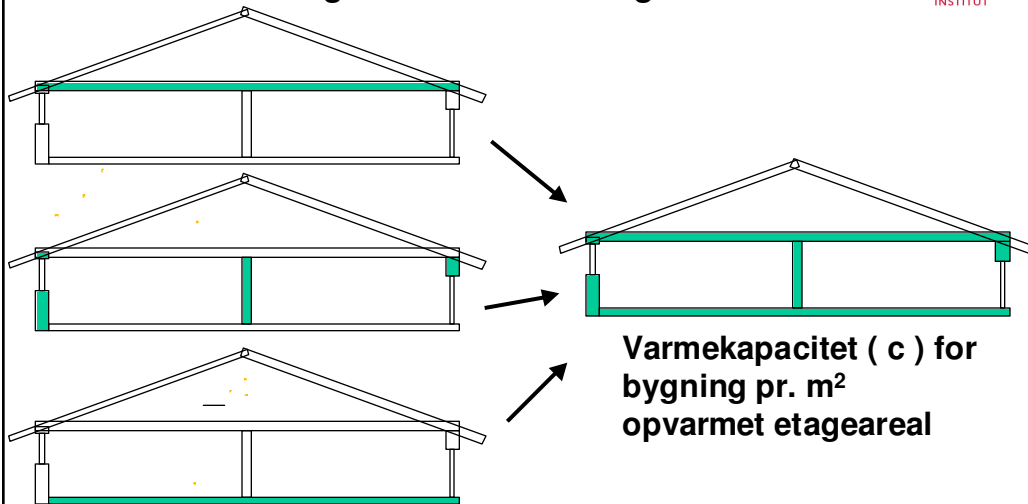
Varme akkumuleret ved fuldstændig udnyttelse af den tilgængelige varmekapacitet

Modstand ved overflade og i materiale

Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Termisk masse og varmeakkumulering i beton



Varmekapacitet (c) for bygning pr. m² opvarmet etageareal

Varmekapacitet pr. m² overfladeareal

Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Varmeakkumulering, eksempel



Konstruktionsdel	Overfladeareal i forhold til opvarmet etageareal	Materiale-tykkelse	Varmekapacitet pr. overfladeareal	Varmekapacitet pr. opvarmet etageareal	Aktiv varmekapacitet pr. overfladeareal	Aktiv varmekapacitet pr. opvarmet etageareal
		m	Wh/(K·m ²)	Wh/(K·m ²)	Wh/(K·m ²)	Wh/(K·m ²)
Loft, beton	0,90	0,10	66,7	60,0	24,4	22,0
Gulv, klinker	0,90	0,10	66,7	60,0	24,4	22,0
Skillevægge, beton	0,90	0,09	60,0	54,0	22,2	20,0
Ydervægge, beton	0,29	0,10	66,7	19,3	24,4	7,1
Sum	2,99			193,4		71,0

Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Danske tabelværdier for varmekapacitet

Beskrivelse	Indvendige konstruktioner	Varmekapacitet c Wh/K m ²
Ekstra let	Lette vægge, gulve og lofter, fx skelet med plader eller brædder, helt uden tunge dele	40
Middel let	Enkelt tungere dele, fx betondæk med trægulv eller porebetonvægge	80
Middel tung	Flere tunge dele, fx betondæk med klinker og tegl- eller klinkebetonvægge	120
Ekstra tung	Tunge vægge, gulve og lofter i beton, tegl og klinker	160

Varmeakkumulering

Tidskonstant:

$$\tau = A_e \cdot c / H$$

Hvor

τ Tidskonstant, h

A_e Bygningens opvarmede areal, m²

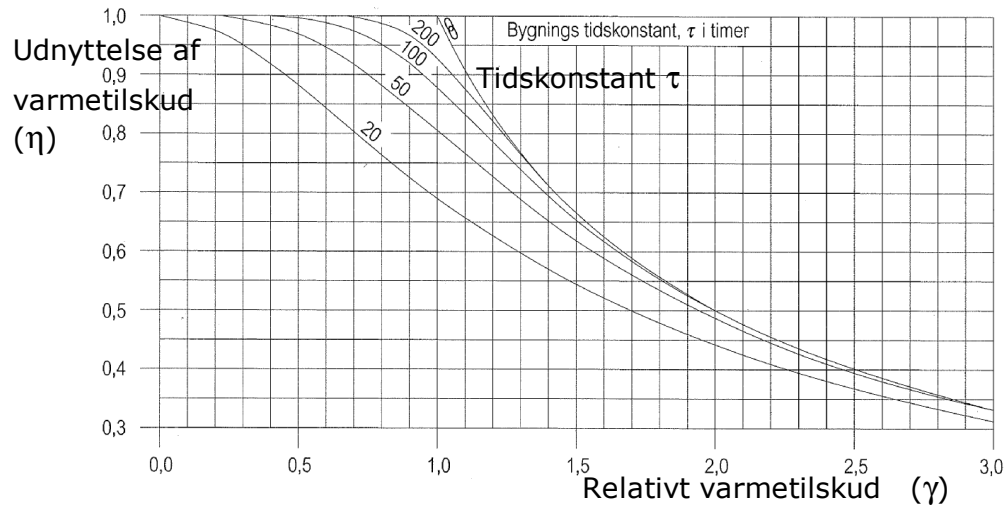
c Bygningens varmekapacitet, Wh/K m²

H Specifikt varmetab for bygning, W/K

Relativt varmetilskud:

$$\gamma = \text{Varmetilskud} / \text{varmetab} \quad (= Q_g / Q_l)$$

Varmeakkumulering



Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Termisk masse og varmeakkumulering i beton



Beregning af energibehov, eksempler

- Bygningstyper:
 - Boligbyggeri
 - Kontorbyggeri
- Byggematerialer:
 - Ekstra tung beton
 - Middeltung
 - Middelt let
 - Ekstra let

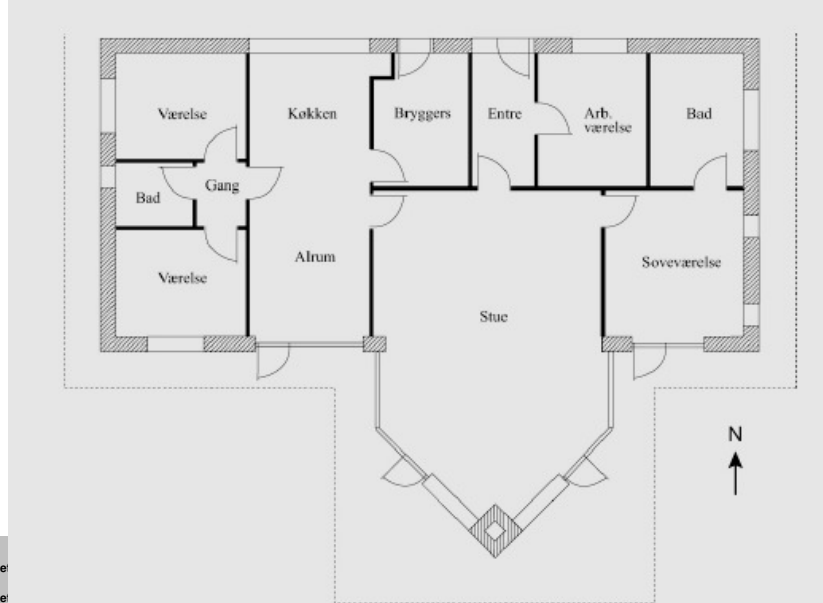
Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

**Referencebygning, bolig:
Fritliggende parcelhus. T-formet bygning. Areal: 180 m².**



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Be
Be

Byggeri
2006
@teknologisk.dk

Solindfald, enfamiliehus



TEKNOLOGISK
INSTITUT

T-formet bygning. Derfor skygger på nogle vinduer.

Vinduesareal: 29 % af etageareal

Orientering (og fordeling): N: 22 %, S: 37 %, Ø: 21 %, V: 20%

Rudetype: Energirude, g = 0,63

Glasandel: 67 %

Skygger: 15 ° horisont, 10 ° Højre/venstre, 40 – 70 ° udhæng

Middel (med solafskærmning): 5200 kWh/år

Stort: 7400 kWh/år

Stort uden udhæng: 10500 kWh/år

Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Transmission



U-værdier

	Areal	U-værdi
Loft: 300 mm isolering, lambda 0,037 W/m K	180	0,12
Terrændæk med gulvarme (0,39 m fundament)	156	0,12
Ydervæg (162,6 m ² brutto): 190 mm isol. 0,037 W/m K	109,6	0,25

Linjetab

	l (m)	Tab (W/mK)
Fundamenter og samlinger ved vinduer	154,7	
Ydervægsgfundamenter	63,3	0,13
Samling omkring vinduer og døre	91,4	0,03

Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Resultat, enfamiliehus, med forceret ventilation



Energibehov	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
	Middel	90,5	88,0	87,2	86,8
	Stort	91,3	86,6	82,1	81,8
	Stort, uden udhæng	94,2	89,0	86,0	84,0
Overskudsvarme	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
	Middel	0,0	0,0	0,0	0,0
	Stort	5,8	3,7	0,0	0,0
	Stort, uden udhæng	14,2	11,6	9,7	8,2

Betons termiske masse og varmeakkumulering
Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Energiramme 90,5 kWh/m²

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk

Resultat, enfamiliehus, uden forceret ventilation



<i>Energibehov</i>	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
	Middel	97,7	93,6	91,8	90,6
	Stort	98,4	93,8	91,5	90,1
	Stort, uden udhæng	104,1	98,8	95,8	93,8
<i>Overskudsvarme</i>	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
	Middel	7,2	5,7	4,6	3,8
	Stort	12,9	10,9	9,4	8,3
	Stort, uden udhæng	24,0	21,5	19,4	17,9

Betons termiske masse og varmeakkumulering

Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Forskel 4 -10 % i energibehov

Lars Olsen, Byggeri

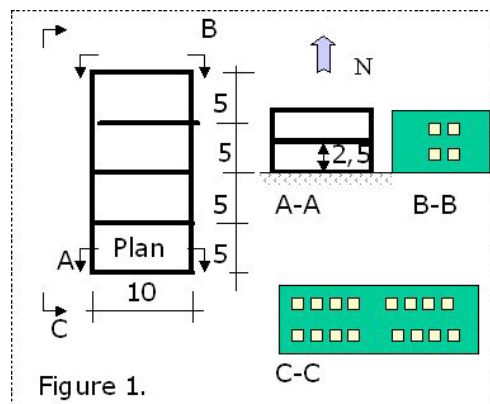
6. december 2006

lars.olsen@teknologisk.dk

Termisk masse og varmeakkumulering i beton



Kontorhus



Betons termiske masse og varmeakkumulering

Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri

6. december 2006

lars.olsen@teknologisk.dk

Resultat, kontorhus



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Energibehov		Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
Forceret ventilation	Middel	103,9	97,4	91,5	90,5
Forceret ventilation	Stort	118,7	111,6	105,6	103,9
Uden forceret ventilation	Middel	108,6	102,1	98,4	95,9
Uden forceret ventilation	Stort	123,0	116,1	111,7	108,9

Overskudsvarme	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
Forceret ventilation	Middel	5,2	3,2	0,0	0,0
Forceret ventilation	Stort	5,2	3,1	0,0	0,0
Uden forceret ventilation	Middel	12,3	10,4	9,1	8,1
Uden forceret ventilation	Stort	11,5	9,7	8,4	7,3

Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Forskul 11 -13 % i energibehov

lars.olsen@teknologisk.dk

Termisk masse og varmeakkumulering i beton



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Konklusioner

Densiteten er den dominerende parameter ved varmeakkumulering i materialer

Materialetykkelser fra overfladen op til 5 cm giver størst udnyttelse af varmeakkumuleringen.

Det er muligt at beregne varmekapacitet mere detaljeret men begrænset fordel på grund af de danske tabelværdier.

Energibehov 4 – 13 % mindre ved at anvende beton i konstruktioner i forhold til lette materialer

Betons termiske masse og varmeakkumulering

Betons energimæssige fordele og udfordringer, IDA

Lars Olsen, Byggeri
6. december 2006
lars.olsen@teknologisk.dk