



**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**

Gregersensvej  
DK-2630 Taastrup  
Telefon 72 20 20 00  
Telefax 72 20 20 19

info@teknologisk.dk  
www.teknologisk.dk

## **Teqton Aps**

### Store gulvkonstruktioner med begrænset isolering

#### ***Udført for:***

Teqton Aps  
Østre Mellemkaj 4  
4700 Næstved

#### ***Udført af:***

Casper Villumsen, Teknologisk Institut, Byggeri.

Taastrup, februar-august 2009

Videnkuponprojekt: 09-048016

## Indhold

Sammenfatning .....	3
1. Baggrund.....	5
1.1 Problemstilling.....	5
1.2 Reglementer og standarder og U-værdier.....	5
2. Beregningsmetoder .....	6
2.1 Håndberegning.....	6
2.2 Beregning med simuleringsprogram.....	7
3. Beregningsmodeller .....	8
3.1 Benyttede parametre og udvalgte resultater.....	10
3.2 De beregnede cases: .....	11
3.3 Betydning af randisoleringsmængde.....	13
4 Konklusion.....	15
5. Symbolliste.....	16
6. Bilag.....	17

## Sammenfatning

I bygninger med store arealer er det muligt at undlade en stor del af gulvisoleringen i en betongulvsopbygning pga. den store termiske inert i jorden under bygningen. Ved at benytte godkendte internationale DS/EN-standarder viser håndberegninger såvel som beregninger efter numeriske metoder i et beregningsprogram, at der med blot en begrænset mængde horisontal eller vertikal randisolering helt kan undgås at isolere under resten af gulvkonstruktionen.

Beregningerne i denne rapport viser fx, at U-værdien for en gulvkonstruktion, hvor der under betongulvet blot er benyttet 10 cm isolering ( $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$ ) i enten 1 meters horisontal længde eller 1 meters vertikal dybde, fås til at blive ca.  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  for en  $2000 \text{ m}^2$  bygning, så længe forholdet mellem bredden (B) og længden (L) på bygningen er mindst  $1/3$ . Den beregnede U-værdi er en gennemsnitsværdi, der tager højde for områder med og uden isolering. U-værdien kan derfor benyttes for hele gulvet i en energirammeberegning.

Horisontal/vertikal randisolering 10 cm tykkelse, 1 m længde/højde			
B/L-forhold [-]:	1/3	2/3	1/1
Areal [ $\text{m}^2$ ]	U-værdi [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]		
1000	0,25 / 0,27	0,23 / 0,25	0,22 / 0,24
2000	0,20 / 0,21	0,18 / 0,19	0,18 / 0,18
4000	0,16 / 0,16	0,14 / 0,15	0,14 / 0,14

*U-værdier efter beregninger i Heat2. Linietafet langs fundamentet er her inkluderet.*

Håndberegningerne regner på den "sikre side", til gengæld kan de benyttes til at få et hurtigt overslag på en U-værdi. Det er parameteren  $B'$ , der benyttes, og den er givet ved arealet af gulvet samt gulvets perimeter (omkreds):

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2} P} = \frac{B \cdot L}{(B + L)}$$

For horisontal randisolering i 1 meters længde og 10 cm's tykkelse er fået følgende:

$$B' > 23 \text{ m medfører } U \leq 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$B' > 34 \text{ m medfører } U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

For vertikal randisolering i 1 meters dybde og på 10 cm's tykkelse er fået følgende:

$$B' > 21 \text{ m medfører } U \leq 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$B' > 31 \text{ m medfører } U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

B' kan herefter omsættes til et tilhørende gulvareal ud fra et valgt B/L-forhold som fx 1/3, 2/3 eller 1/1 som vist herunder.

B/L [-]	1/3	2/3	1/1
B' [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]		
21	2352	1840	1764
23	2821	2204	2216
31	5125	4004	3844
34	6165	4817	4324

Tabellen viser, hvilket gulvareal B' på hhv. 21, 23, 31 eller 34 m svarer til ved B/L på hhv. 1/3, 2/3 og 1/1.

En randisolering på kun 1 m med en tykkelse på 0,1 m er ikke meget, men de alligevel lave U-værdier viser netop den store betydning af jordens termiske energi. Øges isoleringsmængden kan der opnås lavere U-værdier.

Fx vil et gulv på 2000 m<sup>2</sup> med B/L-forhold på 1/1 have en U-værdi på 0,21 W/m<sup>2</sup>K regnet som en horisontal isolering på 1 m og 0,1 m tykkelse, men værdien vil reduceres til 0,17 W/m<sup>2</sup>K, hvis isoleringen øges til 3 m og en tykkelse på 0,2 m.

# 1. Baggrund

## 1.1 Problemstilling.

Teqton er specialister i rådgivning, beregning og udførelse af alle typer betongulve til alle former for lager-, butiks-, produktions- og industrigulve. Når gulvene er uarmerede er det nødvendigt, at den underliggende isolering er meget hård for at undgå skader på gulvene, eller at gulvene skal udføres unødigt tykke. Isolering af denne type fordyrer en kundes projekt væsentligt, da der ofte er tale om gulve af meget store dimensioner. Kravet om isolering stammer fra bygningsreglementet, der ved nybyggeri kræver, at en energiramme skal overholdes.

Når energirammen beregnes benyttes gulvets U-værdi, der normalt regnes efter DS418, og dermed uden at der tages højde for det kun begrænsede varmetab langt fra randen i et stort terrændæk.

Derfor benyttes internationale standarder for udførelse af beregninger af varmetab, hvor der tages hensyn til såvel flerdimensionale som dynamiske effekter. Herved bestemmes et mere nøjagtigt varmetab og en U-værdi for det samlede gulv, og denne værdi kan efterfølgende bruges i en energirammeberegning.

Der kan ikke entydigt opstilles et krav til et gulvs U-værdi, som vil medføre, at energirammen overholdes, da energirammen er en sammensat størrelse med mange bidrag. Jo lavere en U-værdi, der opnås, desto lettere vil det være at overholde energirammen uden særlige tiltag for andre konstruktioner i bygningen.

## 1.2 Reglementer og standarder og U-værdier.

I Danmark gælder Bygningsreglement af 2008, hvori der for nybyggeri stilles følgende krav vedrørende energiforbrug, kap. 7.2 Energirammer for nye bygninger:

<i>Lovtekst:</i>	<i>Vejledningstekst</i>
7.2.1 - stk. 1	7.2.1 – stk. 2
Energirammen omfatter bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling, varmt brugsvand og eventuel belysning.	<i>Ved beregning af energibehovet tages der hensyn til bygningens klimaskærm, bygningens placering og orientering, herunder dagslys og udeklima, varmeanlæg og varmtvandsforsyning, bygningens varmeakkumulerende egenskaber, eventuelt ventilationsanlæg og klimakøling, solindfald og solafskærmning, naturlig ventilation og det planlagte indeklima.</i>
Tilført energi fra forskellige energiforsyningsformer sammenvejes. Bilag 6 med beregningsforudsætninger finder anvendelse ved eftervisning af, at energirammen er overholdt.	
7.2.1 - stk. 2	
Bygninger, der opvarmes til mindst 15°C, skal udformes, så energibehovet efter stk. 1 ikke overstiger energirammen i kap. 7.2.2 og 7.2.3.	

Der stilles altså krav til, at en energiramme skal overholdes. Gulvkonstruktionen indgår i energirammen som en del af klimaskærmen, der i beregningen indgår med en transmissionskoefficient (U-værdi). I SBI-anvisning nr. 216 henvises til DS 418 'Beregning af bygningers varmetab' (Dansk Standard, 2002b) for beregning af U-værdien, der defineres som varmetabet i Watt gennem 1 m<sup>2</sup> af bygningsdelen ved en temperaturforskel på 1 Kelvin (eller 1 °C). U-værdien har enheden W/m<sup>2</sup> K.

Benyttes DS 418 til beregning af U-værdien af et gulv, tages der ikke hensyn til den store termiske inert i jorden, som ved store gulvflader har en særdeles positiv betydning for varmetabet, og dermed medvirker til, at gulvets effektive U-værdi bliver lavere.

Der kan derfor ved store gulvflader være fornuft i at benytte DS/EN ISO 13370:2008 "Bygningers termiske ydeevne – Varmetransmission via jord – Beregningsmetoder", der giver formler og metoder for en håndberegning af U-værdien af et gulv, hvor jordens termiske inert er medregnet.

Endvidere kan benyttes DS/EN ISO 10211:2008 "Kuldebroer i bygningskonstruktioner - Varmestrømme og overfladetemperaturer - Detaljerede beregninger", der giver anvisninger for hvordan udregningen af fx en U-værdi kan findes med et simuleringsprogram, der anvender 2- eller 3-dimensionelle numeriske metoder til at bestemme transiente (tidsafhængige) temperaturforhold og varmestrømme i konstruktionen og jorden.

## 2. Beregningsmetoder

Til udregning af U-værdier i denne rapport er benyttet to metoder, efter DS/EN ISO 13370:2008 og DS/EN ISO 10211 som nævnt ovenfor.

### 2.1 Håndberegning

Den førstnævnte standard giver formler til udregning af U-værdien af gulve. I det følgende gennemgås de tilfælde, hvor et dæk enten er uisolaret eller begrænset isoleret, men hvor der benyttes randisolering, lodret eller vandret, i en bredde eller højde, der er lille i forhold til gulvkonstruktionens bredde.

For symbol- og parameterforklaring til formlerne i det følgende henvises til symbollisten bagerst.

Der er valgt 2-dimensionelle metoder, men for at simulere den 3. dimension indgår den karakteristiske bredde, der er defineret som følger, i beregningerne:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2} P} \quad \text{F.1}$$

For at beregne U-værdien af et gulv uden hensyn til eventuel randisolering udregnes først den totale ækvivalente tykkelse af gulvet,  $d_t$ , der indgår i formlen for  $U_0$ :

$$d_t = w + \lambda (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad \text{F.2}$$

$$U_0 = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left( \frac{\pi \cdot B' + d_t}{d_t} + 1 \right) \quad \text{F.3}$$

$U_0$  indgår i udregningen af den samlede U-værdi for et gulv med randisolering:

$$U = U_0 + \frac{2 \cdot \Psi_{g,e}}{B'} \quad \text{F.4}$$

hvor  $\Psi_{g,e}$  for horisontal randisolering fås:

$$\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left( \frac{D}{d_t + d'} + 1 \right) \right] \quad \text{F.5}$$

og for vertikal randisolering fås  $\Psi_{g,e}$  som:

$$\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{2 \cdot D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left( \frac{2 \cdot D}{d_t + d'} + 1 \right) \right] \quad \text{F.6}$$

I formlerne indgår en anden ækvivalent tykkelse, der hidrører fra randisoleringen, og den findes ved at gange den ekstra termiske modstand fra isoleringen på jordens isolans:

$$d' = R_n \cdot \lambda = \left( R_n - \frac{d_n}{\lambda} \right) \cdot \lambda \quad \text{F.7}$$

Hvis der både er horisontal og vertikal randisolering vælges *den bedste U-værdi*.

## 2.2 Beregning med simuleringsprogram

Programmet Heat2 er benyttet til 2-dimensionelle numeriske beregninger af temperaturforhold og varmestrømme i et terrændæk og jorden omkring for at finde den samlede U-værdi for det gulv, der ønskes regnet på.

I programmet opbygges en model af en gulvkonstruktion inkl. fundament og 1,5 m af ydervæggen målt fra gulvets overside. Dette er et krav i standarden såvel som følgende principper for udbredelsen af jordvolumenet:

Vandret bredde af gulv:	$\frac{1}{2} B'$
Dybde af jordvolumen:	$2,5 B'$
Vandret bredde i det fri:	$2,5 B'$

Når en model er bygget op i programmet findes gennemsnitlige værdier for varmestrømmen gennem gulv og væg fra og med september til maj (varmesæsonen). I programmet simuleres et forløb på 10 år, hvor klimaet varieres svarende til dag/nat- og årstidsvariation via en sinusfunktion for udetemperaturen. Indvendigt er fastholdt et niveau på 20 °C.

Der er benyttet resultater fra det 9. år, og det er kontrolleret, at standardens krav til max 1 % afvigelse på resultaterne, i forhold det foregående år, er overholdt. Dette sikrer, at der er indtrådt ligevægt, og at beregningen er stabil.

U-værdien af gulvet bestemmes ved at beregne den gennemsnitlige varmestrøm gennem gulv og væg for sept.-maj og fratække den 1-dimensionelle varmestrøm gennem væggen. Derefter divideres med produktet af bredden af gulvet og den gennemsnitlige temperaturdifferens mellem inde og ude i den samme periode.

Når der regnes på den måde, så bliver linietafet for fundament medregnet. Det er derfor vigtigt i energirammen, at huske at linietafet for fundamentet skal sættes til 0, da det ellers vil blive medregnet dobbelt.

### 3. Beregningsmodeller

Udgangspunktet er en typisk opbygning for et Teqton industrigulv, der er oplyst til at være opbygget med et Teqton-produkt, der består af 2 cm latexmodiceret beton på 18 cm beton. Dette støbes ud på 15 cm stabilgrus og 15-35 cm bundsikringssand. I beregningerne er laget med bundsikringssand valgt til 28 cm.

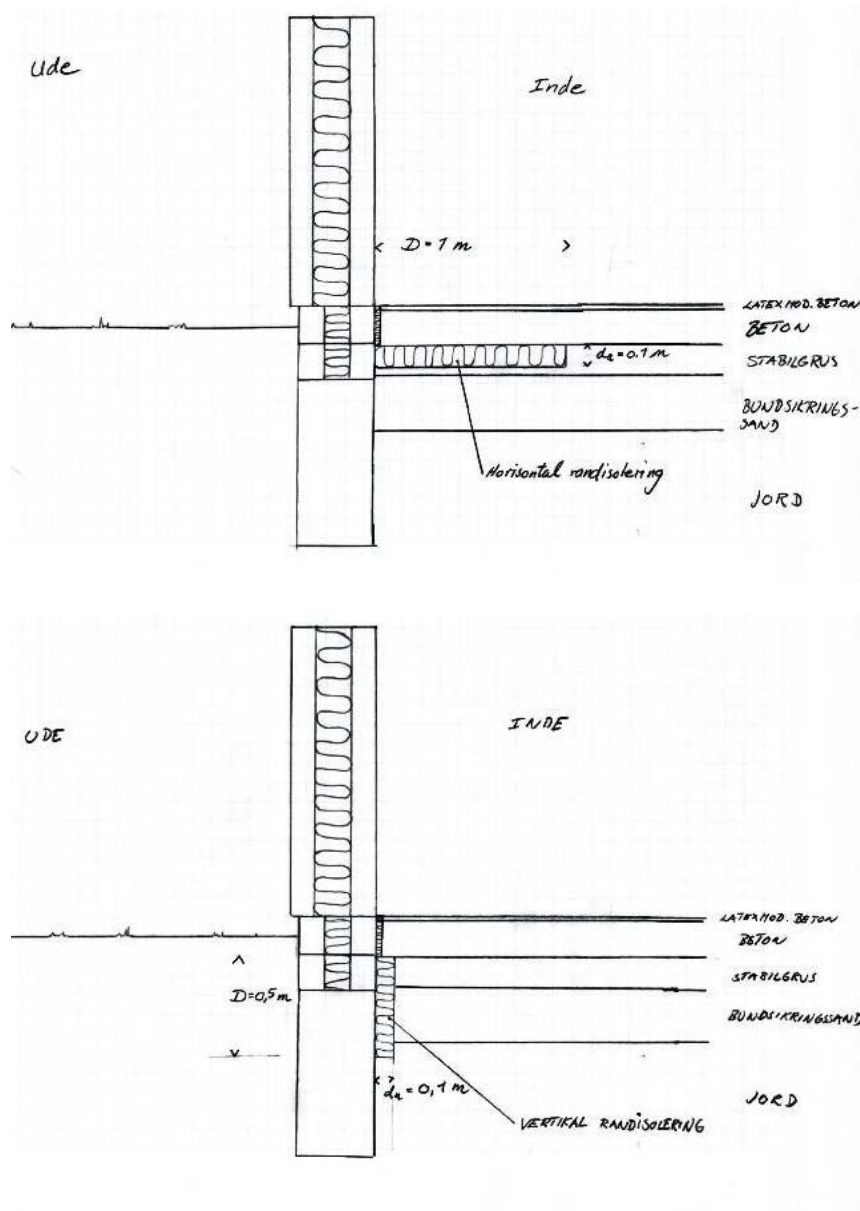
Ydervæggen er valgt som en sandwichkonstruktion med tegl udvendigt, 190 mm isolering og porebeton på indersiden. Væggen har en U-værdi på 0,18 W/m<sup>2</sup>K. Det vil være uden betydning for udregningen af gulvets U-værdi, hvis der benyttes en anden vægopbygning med ca. samme U-værdi.

Fundamentet er valgt som et typisk fundament af beton afsluttet med to fundablokke med midterstillet isolering øverst.

Der er regnet på to typer af randisolering: vandret og lodret. For disse to scenarier er der beregnet flere forskellige arealstørrelser og længde/breddeforhold, da dette har betydning for den karakteristiske bredde, B', der indgår i beregningerne. I begge tilfælde benyttes en 2 cm kantisolering mellem fundament og betondækkonstruktionen.

De to typer opbygning ses i det følgende:





Figur 3.1: Opbygningen af de to modeller. Øverst: horisontal. Nederst: vertikal. Dimensionerne  $D$  og  $d_m$ , der begge benyttes senere i rapporten er vist for de to tilfælde.

### 3.1 Benyttede parametre og udvalgte resultater

Materialedata og andre parametre:

Materiale	$\lambda$ [W/mK]	C [MJ/m <sup>3</sup> K]
Isolering	0,037	0,062
Beton (også latexmodificeret beton)	2,0	2,0
Jord*	2,0	2,0
Grus*	2,0	2,0
Sand*	2,0	2,0
Betonelement	0,24	0,624
Tegl	0,776	2,54

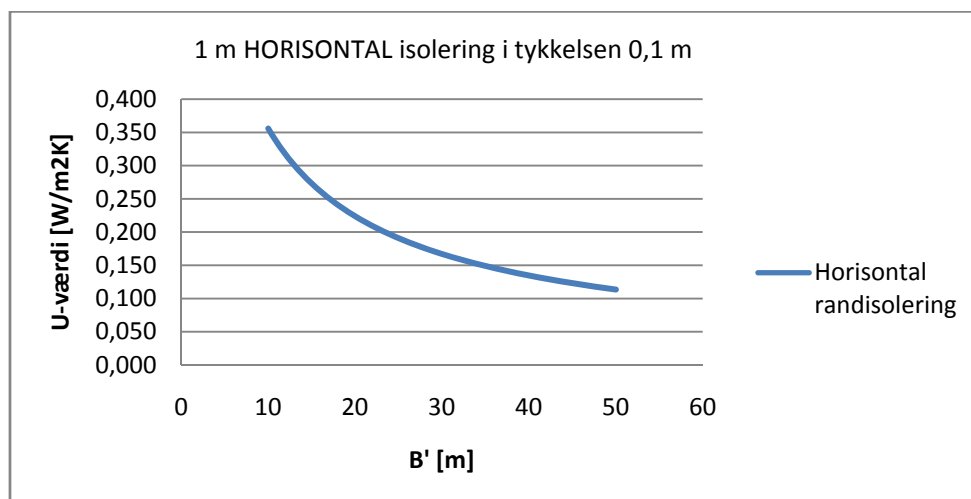
Tabel 3.1: Tabelværdier for de anvendte materialer. For materialer med \* er værdien taget fra DS/EN ISO 13370:2008.

Da det er jordens termiske inert, der benyttes i beregningerne har arealet af gulvet en stor betydning. Det er dog ikke uden betydning, hvordan forholdet er mellem gulvets bredde og længde. Forholdet 1/1 er det optimale i hvert enkelt tilfælde. Dette svarer til en fuldt kvadratisk bygning. Den karakteristiske bredde,  $B'$ , der indgår i beregningerne afhænger af arealet og forholdet mellem bredden og længden af gulvet. Se nedenstående tabel.

Areal [m <sup>2</sup> ]	B/L-forhold 1/3	B/L-forhold 2/3	B/L-forhold 1/1
250	6,8	7,7	7,9
500	9,7	11,0	11,2
750	11,9	13,4	13,7
1000	13,7	15,5	15,8
1500	16,8	19,0	19,4
2000	19,4	21,9	22,4
2500	21,7	24,5	25,0
3000	23,7	26,8	27,4
3500	25,6	29,0	29,6
4000	27,4	31,0	31,6
4500	29,0	32,9	33,5
5000	30,6	34,6	35,4

Tabel 3.2: Betydningen areal og bredde/længde-forhold for  $B'$  [m]. De markerede rækker angiver arealstørrelser, der er beregnet i begge metoder.

Betydningen af  $B'$  i forhold til U-værdien regnet efter *håndberegningemetoden* er vist i følgende graf:



Figur 3.2: U-værdien som funktion af den karakteristiske bredde. Horizontal randisolering.

### 3.2 De beregnede cases:

Teqton har erfaring med meget store gulve, men har som udgangspunkt foreslået et areal på 2000 m<sup>2</sup> svarende til størrelsen på en brandcelle. Udover dette areal er regnet på det halve og det dobbelte areal heraf – 1000 m<sup>2</sup> og 4000 m<sup>2</sup>. Alle i tre forskellige bredde/længde-forhold (B/L) af gulvet: 1/3, 2/3 og 1/1.

Gulvkonstruktionen beton på sand og grus ovenpå terræn har en U-værdi på 0,50 W/m<sup>2</sup>K regnet efter DS418.

Tabelpræsentation af resultaterne ses herunder:

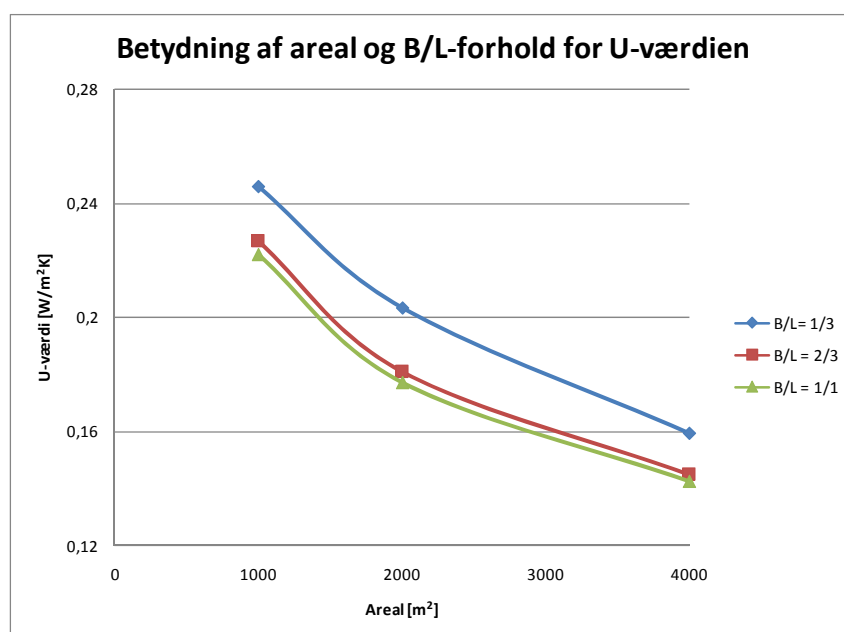
Vertikal randisolering						
B/L-forhold [-]:	1/3		2/3		1/1	
Areal [m <sup>2</sup> ]	U-værdi [W/m <sup>2</sup> K]					
1000	0,27	0,28	0,25	0,26	0,24	0,25
2000	0,21	0,22	0,19	0,20	0,18	0,20
4000	0,16	0,17	0,15	0,16	0,14	0,15

Tabel 3.3: Tabellen viser opnåede U-værdier for gulve i arealerne 1000, 2000 og 4000 m<sup>2</sup> for de tre B/L-forhold. Vertikal randisolering. De hvide felter giver værdier beregnet med numeriske metoder i Heat2 og de grå felter er regnet efter håndberegningemetoden.

Horizontal randisolering						
B/L-forhold [-]:	1/3		2/3		1/1	
Areal [m <sup>2</sup> ]	U-værdi [W/m <sup>2</sup> K]					
1000	0,25	0,29	0,23	0,27	0,22	0,26
2000	0,20	0,23	0,18	0,21	0,18	0,21
4000	0,16	0,18	0,14	0,16	0,14	0,16

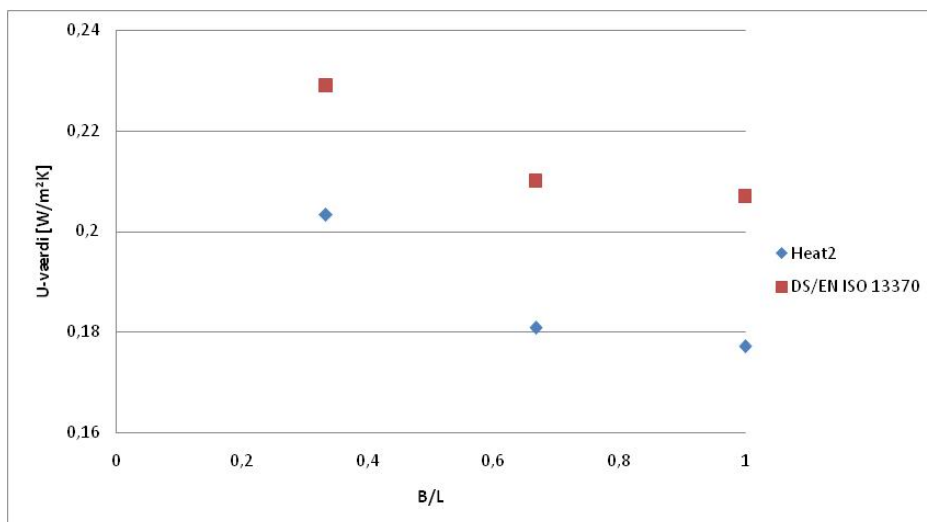
Tabel 3.4: Tabellen viser opnåede U-værdier for gulve i arealerne 1000, 2000 og 4000 m<sup>2</sup> for de tre B/L-forhold. Horizontal randisolering. De hvide felter giver værdier beregnet med numeriske metoder i Heat2 og de grå felter er regnet efter håndberegningemetode.

Betydningen af øget areal og øget bredde/længde-forhold i forhold til U-værdien viser sig tydeligt:



Figur 3.3: Vertikal randisolering. U-værdien ved de tre forskellige bredde/længde-forhold er vist som funktion af gulvarealerne. U-værdien falder ved stigende areal og stigende B/L-forhold.

Sammenligner man ”håndberegningerne” med de numeriske metoder i heat2, ses at beregningerne i heat2 giver lavere resultater på trods af at disse beregninger også inkluderer linjetabet ved fundamentet. Årsagen skal blandt andet ses i håndberegningerne er en simpel metode, der ikke både kan tage hensyn til både et isolerende fundament i letklinker med midterstillet isolering og den egentlige randisolering. Det kan simuleringsprogrammet derimod, og tages dette ”dobbelte” isoleringsbidrag med fås altså en bedre U-værdi for gulvet.



Figur 3.4: Areal 2000 m<sup>2</sup>. Randisolering: horisontal. Det ses at U-værdien for gulvet bliver lavest ved beregning i Heat2, der endda medregner linjetabet ved fundamentet.

Det vil være på den sikre side, hvis der blot benyttes håndberegningens metode. Denne er også klart den hurtigste metode, hvis der fx benyttes regneark til beregningerne.

### 3.3 Betydning af randisoleringsmængde

For de opstillede modeller er det via håndberegningens metode set på betydningen af randisoleringens mængde:

Der er valgt tilfældet med A = 2000 m<sup>2</sup> og de samme 3 forskellige B/L-forhold som tidligere. Derudover varieres længden/bredden (D) og tykkelsen (d) af randisoleringen således:

D = 1 (den tidl. beregnede case), 3 og 5 m.

d<sub>n</sub> = 0,1 (den tidl. beregnede case), 0,2 og 0,3 m.

Horisontal isolering A = 2000 m <sup>2</sup>	D = 1 m d <sub>n</sub> = 0,1 m d <sub>n</sub> = 0,2 m d <sub>n</sub> = 0,3 m	D = 3 m d <sub>n</sub> = 0,1 m d <sub>n</sub> = 0,2 m d <sub>n</sub> = 0,3 m	D = 5 m d <sub>n</sub> = 0,1 m d <sub>n</sub> = 0,2 m d <sub>n</sub> = 0,3 m
B/L: 1/3	0,229 0,225 0,224	0,201 0,190 0,186	0,187 0,172 0,166
B/L: 2/3	0,210 0,206 0,205	0,184 0,175 0,171	0,172 0,159 0,153
B/L: 1/1	0,207 0,203 0,202	0,182 0,173 0,169	0,170 0,157 0,152

Tabel 3.5: Tabellen illustrerer betydningen af den horisontale randisoleringsmængde for U-værdien.

Tabellen viser, at hvis ønsket er at begrænse den horisontale isolering til fx kun 1 m, har det nærmest ingen betydning om der vælges et lag på 0,1 eller 0,3 m i tykkelsen. Er der dog mulighed for at gå dybere ind under gulvet ses bedre effekt af også at øge tykkelsen.

Relativt set opnås mere ved at gå fra 1 til 3 meters randisolering end fra 3 til 5 m. Dette viser betydningen af at medregne jordens termiske inertie i en beregning af et stort gulvs U-værdi. Desto længere man er væk fra randen, desto mindre er betydningen af at have isolering under.

For vertikal randisolering er udført samme øvelse, dog kun for arealet 2000 m<sup>2</sup> i et B/L-forhold på 2/3. Det vil være urealistisk at regne med at man vil lægge fundament og isolering meget dybt, derfor ses kun på D = 1 – 2 m.

Vertikal isolering A = 2000 m <sup>2</sup>	D = 1 m d <sub>n</sub> = 0,1 m d <sub>n</sub> = 0,2 m d <sub>n</sub> = 0,3 m	D = 1,5 m d <sub>n</sub> = 0,1 m d <sub>n</sub> = 0,2 m d <sub>n</sub> = 0,3 m	D = 2 m d <sub>n</sub> = 0,1 m d <sub>n</sub> = 0,2 m d <sub>n</sub> = 0,3 m
2/3	0,194 0,187 0,185	0,184 0,175 0,171	0,177 0,166 0,161

Tabel 3.6: Tabellen giver betydningen af den vertikale randisoleringsmængde for U-værdien.

I forhold til beregningen for horisontal isolering ses, at der kan opnås gode resultater for U-værdien med en mindre mængde isolering, hvis der vælges en vertikal randisolering. Der vindes en del ved at gå dybere ligesom der også ses en tydelig effekt ved at vælge en større tykkelse.

## 4 Konklusion.

Ved at benytte de internationale standarder DS/EN ISO 13370:2008 og DS/EN ISO 10211:2008 til at beregne U-værdien af gulve på terræn, hvor der sker en varmetransmission via jord, fås der for store gulvarealer en U-værdi, der er væsentligt lavere end, hvis der blot regnes traditionelt efter DS418's anvisninger.

Metoderne gør det muligt at spare på isoleringsmængden i gulvkonstruktioner, der er meget store, og dette betyder ikke blot, at der bliver færre udgifter til materialer, da også udførelsen af gulvopbygningen lettes, og der kan spares arbejdstid.

Jordens termiske inertie bevirker, at den traditionelle isoleringsløsning med 200-300 mm isolering under terrændækket kun vil være marginalt bedre end en løsning uden anden isolering end i randen – vertikal såvel som horisontal – såfremt der er tale om et tilstrækkeligt stort gulv.

Rapporten har vist, at selvom der blot anvendes en begrænset mængde randisolering vil et uisolert 1000 m<sup>2</sup> gulv have en halvt så stor U-værdi i forhold til en beregning efter DS418. Og ved 2000 og 4000 m<sup>2</sup> vil U-værdien yderligere reduceres til mindre en tredjedel af værdien opnået efter DS 418.

Såfremt der bygges med normalt isolerende ydervægge og der vælges en fornuftig fundamentsopbygning, hvor linietaf tab minimeres og som minimum overholder kravene i bygningsreglementet, vil Teqton Aps ved udførelse af store betongulve kunne spare store mængder isolering uden at få problemer med overholdelse af energirammen. Det vil dog stadig være et krav at den resterende del af klimaskærmen samt installationer udføres efter de gængse anbefalinger.

## 5. Symbolliste

<i>Symbol</i>	<i>Beskrivelse</i>	<i>Enhed</i>
A	Gulvareal	m <sup>2</sup>
B'	Regningsmæssig størrelse. Karakteristisk gulvdimension	m
c	Specifik varmekapacitet af jord (ikke frossen)	J/(kg·K)
C	Volumetrisk varmekapacitet ( $\rho \cdot c$ )	J/(m <sup>3</sup> ·K)
d <sub>t</sub>	Total ækvivalent tykkelse af terrændæk af beton	m
d'	Ækvivalent tykkelse af randisolering	m
d <sub>n</sub>	Tykkelse af randisolering	m
D	Længde/højde af randisolering	m
P	Gulvets omkreds (perimeter)	m
R	Isolans	m <sup>2</sup> K/W
R'	Regningsmæssig størrelse, der indgår i beregning af d'	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>f</sub>	Isolans af gulvkonstruktion	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>n</sub>	Isolans af randisolering	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>si</sub>	Indvendig overgangsisolans	m <sup>2</sup> K/W
R <sub>se</sub>	Udvendig overgangsisolans	m <sup>2</sup> K/W
U	Transmissionskoefficient (U-værdi)	W/m <sup>2</sup> K
U <sub>0</sub>	Parameter, der indgår i beregning af den samlede U-værdi	W/m <sup>2</sup> K
w	Tykkelse af ydervæg	m
$\lambda$	Varmeledningsevne	W/(mK)
$\rho$	Densitet	kg/m <sup>3</sup>
$\Psi_{g,e}$	Lineær transmissionskoefficient i forbindelse med randisolering	W/(mK)



## 6. Bilag

Eksempel på input-datafil:

```
*****
* HEAT2 version 6.92 - Input data file HORIZONTAL_A2000.DAT
* Date: 29-04-2009 Time: 16:37:47
* Thomas Blomberg, Lund Group for Computational Building Physics
*****
-MEMORY NOTES FOR PROJECT-
```

\* Following blocks are done:

- Geometrical Meshes
- Thermal Properties
- Functions
- Boundary Conditions
- Internal Modifications
- Internal Resistances
- Initial Temperatures
- Simulation and Printing

```
*****
* GEOMETRICAL MESHES BLOCK *
```

```
* Number of input mesh intervals in X-direction: 9
* Number of input mesh intervals in Y-direction: 11
* Number of boundaries: 10
* Description of boundaries
```

bound	from	I	J
1	:	0	:0
2	:	9	:0
3	:	9	:10
4	:	6	:10
5	:	6	:11
6	:	1	:11
7	:	1	:10
8	:	2	:10
9	:	2	:8
10	:	0	:8

\* Lengths, number of computation cells and expanding coefficient  
between the mesh points

\* X-direction

	length [m]	comp cells	exp coeff
0 and 1	: 79.059998	: 21	: 0.9 * 8.99999976158142E-0001 : 9.0E-0001 * 0.9000000
r2s:0.9			
1 and 2	: 0.045000	: 2	: 1 * 1.00000000000000E+0000 : 1.0E+0000 * 1.0000000 r2s:1
2 and 3	: 0.072500	: 3	: 1 * 1.00000000000000E+0000 : 1.0E+0000 * 1.0000000 r2s:1
3 and 4	: 0.055000	: 2	: 1 * 1.00000000000000E+0000 : 1.0E+0000 * 1.0000000 r2s:1
4 and 5	: 0.135000	: 4	: 1 * 1.00000000000000E+0000 : 1.0E+0000 * 1.0000000 r2s:1
5 and 6	: 0.127500	: 4	: 1 * 1.00000000000000E+0000 : 1.0E+0000 * 1.0000000 r2s:1
6 and 7	: 0.020000	: 1	: 1 * 1.00000000000000E+0000 : 1.0E+0000 * 1.0000000 r2s:1
7 and 8	: 0.980000	: 15	: 1.1 * 1.10000002384186E+0000 : 1.1E+0000 * 1.1000000
r2s:1.1			
8 and 9	: 14.810000	: 25	: 1.1 * 1.10000002384186E+0000 : 1.1E+0000 * 1.1000000
r2s:1.1			

\* Y-direction

	length [m]	comp cells	exp coeff
0 and 1	: 79.059998	: 30	: 0.9
1 and 2	: 0.600000	: 6	: 1
2 and 3	: 0.250000	: 4	: 1
3 and 4	: 0.030000	: 1	: 1
4 and 5	: 0.050000	: 2	: 1
5 and 6	: 0.100000	: 2	: 1
6 and 7	: 0.010000	: 1	: 1
7 and 8	: 0.100000	: 2	: 1
8 and 9	: 0.070000	: 2	: 1
9 and 10	: 0.020000	: 1	: 1
10 and 11	: 1.500000	: 12	: 1.1

\*\*\*\*\*

\* THERMAL PROPERTIES BLOCK \*

\*\*\*\*\*

\* Basic properties for whole area

Lambda(x) : 1 [W/(m·K)]  
 Lambda(y) : 1 [W/(m·K)]  
 Volumetric heat capacity : 1 [MJ/(m<sup>3</sup>·K)]  
 FRAME CAVITY

\* Number of partial areas :17

\* Area and corresponding thermal properties

```
* Area lower left upper right Lambda(x) Lambda(y) C
*   I  J  I  J  [W/(m·K)] [W/(m·K)] [MJ/(m³·K)]
1   :0 :0 :9 :8   :2 :2 :2 Jord
2   :1 :10 :3 :11  :0.776 :0.776 :2.544 Teglsten
3   :3 :10 :5 :11  :0.037 :0.037 :0.062 Isolering
4   :5 :10 :6 :11  :0.24 :0.24 :0.624 Betonelement
5   :2 :7 :4 :10   :0.28 :0.28 :0.6 Fundablok, letklinker
6   :4 :7 :5 :10   :0.037 :0.037 :0.062 Isolering
7   :5 :7 :6 :10   :0.28 :0.28 :0.6 Fundablok, letklinker
8   :2 :3 :4 :7    :0.28 :0.28 :0.6 Fundablok, letklinker
9   :4 :3 :5 :7    :0.037 :0.037 :0.062 Isolering
10  :5 :3 :6 :7    :0.28 :0.28 :0.6 Fundablok, letklinker
11  :6 :6 :7 :10   :0.037 :0.037 :0.062 Isolering
12  :7 :6 :9 :9    :2 :2 :2 Beton - Teqton
13  :7 :9 :9 :10   :2 :2 :2 Latexmod.beton
14  :6 :4 :9 :6    :2 :2 :2 Bundsikringssand
15  :6 :2 :9 :4    :2 :2 :2 Stabilgrus
16  :2 :1 :6 :3    :2 :2 :2 Beton - Teqton
17  :6 :5 :8 :6    :0.037 :0.037 :0.062 Isolering
```

\*\*\*\*\*

\* FUNCTIONS BLOCK \*

\*\*\*\*\*

\* Combinations

\* A Periodic  $f(t)=f_1+f_2\cdot\sin(2\cdot\pi\cdot(t-t_0)/t_p)$

\* B Stepwise Constant

\* C Stepwise Linear

\* Number of Functions:3

\* Typenumber/Combination

1/ :A f1:8 f2:8.5 t0:10512000.000 tp:31536000.000

2/ :A f1:1 f2:1 t0:0.000 tp:86400.000

3/ :A f1:1 f2:1 t0:0.000 tp:86400.000

\*\*\*\*\*

\* BOUNDARY CONDITIONS BLOCK \*

\*\*\*\*\*

\* Combinations

\* A Flow - Constant

\* B Temp - Constant

\* C Flow - Function

\* D Temp - Function

\* Number of Types:3

\* Typenumber/Combination

1/ :A Flow : 0 [W/m]

2/ :B Temperature : 20 °C R : 0.13 [m<sup>2</sup>·K/W]

3/ :D Function : 1 R : 0.04 [m<sup>2</sup>·K/W]

\* Typenumber/Corresponding Boundaries (list ends with zero)

1/ :1 :2 :5 :10 :0

2/ :3 :4 :0

3/ :6 :7 :8 :9 :0

\*\*\*\*\*

\* INTERNAL MODIFICATIONS BLOCK \*

\*\*\*\*\*

\* Combinations

\* A Heat source - Constant

\* B Heat source - Function

\* C Area with given temp - Constant

\* D Area with given temp - Function

\* E Hole with air (no capacity)

\* F Hole with fluid (with capacity)

\* G Hole with air (radiation+vent.)

\* H Pipe (heat source) - Constant

\* I Pipe (heat source) - Function

\* J Pipe (given temp) - Constant

\* K Pipe (given temp) - Function

\* Number of Internal Modifications:1

\* Typenumber/Combination

1/ :A Flow : 1 [W/m]

\* Number of Areas :0

\*\*\*\*\*

\* INTERNAL RESISTANCES BLOCK \*

\*\*\*\*\*

\* Number of resistance lines :0

\*\*\*\*\*

\* INITIAL TEMPERATURES BLOCK \*

\*\*\*\*\*

\* Basic temperature for whole area : 8 °C

\* Number of partial areas :0

\*\*\*\*\*  
\* SIMULATION/PRINTING BLOCK \*  
\*\*\*\*\*

Start time: 0  
Stop time: 315360000.000 s <=> 10y  
Print start time: 0.000 s  
Print Stop time: 31536000.000 s <=> 1y  
Time interval: 31536000.000 s <=> 1y  
Print Temperatures :Y  
Print Boundary Flows :Y  
Results To Screen :Y  
Results To File :N

& 1.988 (Relaxation)  
& 0 (Flow crit)  
& 0.0001 (Flow crit.)  
& 0.0001 (Temp crit.)  
& 100000 (Max iter.)  
& 2 (Update)  
& 10 (Iter)  
& 1 (CPU)  
& 1.31E6 (Time)  
& 1 (record enabled)  
& 2949840 (Number of iterations)  
& 1 (notify when solved enabled)  
& 0 (beep when solved disabled)  
& 1 (Order of approximation)  
& 3 (Frame cavity option)  
& 0 (Frame cavity Tmin)  
& 20 (Frame cavity Tmax)  
& 0 (Frame cavity direction of heat flows)  
& 100 (Frame cavity iter between update)  
& 3 (Column for grahics)  
& 3 (Num Record columns)  
& 0 (index)  
& 1 (index)  
  
& 1 (index)

3

Material file :TEQTON-PROJEKT.MTL  
H2P file :HORISONTAL\_A2000.H2P  
& 50 (grid x)  
& 50 (grid y)  
& 10 (scale factor)  
& 1 (long boundaries)  
& 1 (Update made)  
& 0 (mesh form)  
& 50 (Max num cells)  
& 0 (Graph T: x1)  
& 0 (Graph T: y1)  
& 0 (Graph T: x2)  
& 0 (Graph T: y2)  
& -1 (Line no)  
& 50 (Number of points)  
& 1 (Scientific format in record)  
& 2 (Aut mesh, Max diff, index)  
& 1 (Aut mesh, Mesh factor, index)  
& 0.9 (Frame cavity emissivity)