



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



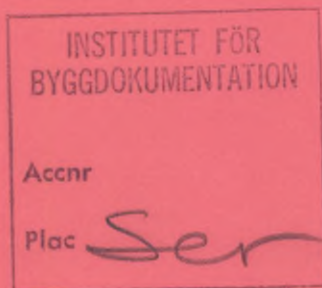
**Rapport**

**R10:1985**

# **Isolering av grund- och källar- konstruktioner**

**En praktisk handledning för beräkning  
och konstruktiv utformning**

**Hans Bäckström  
Jan Sjölund  
Christer Wågberg**



**Byggforskningsrådet**

R10:1985

ISOLERING AV GRUND- OCH KÄLLARKONSTRUKTIONER

En praktisk handledning för beräkning och  
konstruktiv utformning

Hans Bäckström  
Jan Sjölund  
Christer Wågberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800882-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till Arne Johnson  
Ingenjörs byrå AB, Stockholm

I Bygghforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat

R10:1985

ISBN 91-540-4322-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

## INNEHÅLL

Sammanfattning	4
1 Inledning	5
2 Sockelisolering	7
3 Dataprogrammet	8
4 Metod	9
5 Beräkningsmodell	11
6 Optimal placering av isolering	14
7 Energibesparing vid optimal isoleringsplacering	15
8 Jämförelse av värmegenomgångskoefficienter	16
9 Köldbryggor	17
10 Beräkning av fiktivt $\lambda$ för isolering bruten av köldbrygga	18
11 Energibesparing med isoleringsåtgärder vid köldbryggorna	24
12 Golvtemperatur och nollgradient	29
13 Diskussion	46
14 Referenser	49

## SAMMANFATTNING

En av de punkter där man idag hittar betydande brister när det gäller byggnaders värmeisolering är grundsockeln.

Ett syfte med detta projekt är att påvisa att man kan vinna väsentliga förbättringar på värmeisoleringar längs en byggnads markanslutning redan genom ganska enkla och schematiska kalkyler.

Följande problemställningar undersökes:

1. Hur mycket kan vanlig normlösning förbättras genom att isoleringen fördelas på ett bättre sätt?
2. Vilka förbättringar kan uppnås genom att normisoleringen ökas 1.5 respektive 2.25 gånger?
3. Hur påverkas situationen av att köldbryggorna bryts?

Isoleringsåtgärdernas effekt har värderats i kr/kWh/år med utgångspunkt från schablonvärden på isoeringskostnad och antal gradtimmar. En metod för att beräkna effektivt  $\lambda$ -värde då isoleringen är bruten av betongklackar (köldbryggor) redovisas.

Projektet redovisar en del värdefulla slutsatser. Bland annat kan man spara ungefär 8 kWh/löpm sockel och år genom att enbart omfördela värmeisoleringen i en SBN 80 grund. Denna omfördelning består huvudsakligen i en förflyttning av isolering från yttre randfält till sockelns kärna samt en mindre del till markisolering och isolering på sockelns baksida.

De erhållna resultaten kan även utnyttas vid förändrade kostnader och isoleringsegenskaper i isoleringen. Detta under förutsättning att inga kritiska värden på golvtemperatur eller nollgradienten passeras vid dessa förändrade förutsättningar.

## 1 INLEDNING

En av de punkter där man idag hittar betydande brister när det gäller byggnaders värmeisolering är grundsockeln.

Det finns många anledningar till att det förhåller sig så. En av dessa är att myndigheterna ställer låga minimikrav på isolering av socklar. Därtill kommer bristande ambition hos konstruktörer, materialindustrin och byggherrar att överskrida dessa minimikrav. Detta har i sin tur delvis grund i att länemyndigheterna ej intresserat sig för problemet ifråga.

En viktig orsak är också att man i våra bestämmelser ställer sig så tveksam till markisolering, vilket får till följd att man tvingats leda ut en viss minimimängd energi till omgivande mark för att klara tjälproblemen.

Att värmeisolering längs sockeln vid platta på mark är ett så försummat kapitel är olyckligt ur många synpunkter.

Det är inte bara en fråga om onödiga energiförluster, det gäller också byggnadens komfort, som ju i hög grad beror av golvtemperatur. Det finns också anledning att misstänka att många av dagens fukt- och mögelskador till en del har sin grund i dålig men ändå oftast normenlig värmeisolering.

Men problemet att på bästa möjliga sätt värmeisolera en platta på mark med sockel är komplicerat. Tills för något decennium sedan var det omöjligt att klara rent matematiskt, men datorutvecklingen har ändrat på den saken.

Idag, då man klarar matematiken, är problemet snarast brist på noggranna och pålitliga ekonomiska och fysikaliska ingångsdata.



Ett syfte med detta projekt är att påvisa att man, trots denna brist i precision hos ingångsdata, kan vinna väsentliga förbättringar på värmeisoleringar längs en byggnads markanslutning redan genom ganska enkla och schematiska kalkyler.

Med detta i bakgrunden studeras i denna utredning värmeisoleringar längs ränderna i en typisk platta på marklösning. Följande problemställningar undersökes:

1. Hur mycket kan vanlig normlösning förbättras genom att isoleringen fördelas på ett bättre sätt?
2. Vilka förbättringar kan uppnås genom att normisoleringen ökas 1.5 resp. 2.25 gånger?
3. Hur påverkas situationen av att köldbryggorna bryts?

Minskning av värmeströmmen har satts som kriterium på förbättring, men även yttemperatur på golv och nollgradientens läge i mark har registrerats. Isoleringsåtgärdernas effekt har värderats i kr/kWh/år med utgångspunkt från schablonvärden på isoleringskostnad och antal gradtimmar.



Värmeisolering av socklar vid golv på mark är ett mycket svårlöst problem ur ett flertal synpunkter. Det är inte bara att räkna ut värmeströmmen genom en komplicerad struktur, där fukthalt, värmeledningsförmåga och värmekapacitet är nödvändiga men i regel dåligt kända förutsättningar. Man kan också ta hänsyn till snöväder, grundvattenström och diffusa temperaturgränser både uppåt och nedåt. Till på köpet varierar alla förutsättningar med årstiderna och tiden från byggtillfället. Härtill kommer att många andra funktionskrav måste ställas på en grundkonstruktion.

Trots dessa omöjliga förutsättningar har vi dock byggt massor av byggnader med golv på mark. Detta har skett efter enkla schabloner och resultatet kan sägas vara gott i det avseendet att få mycket dåliga lösningar har kommit till stånd där schablonerna följts.

Detta är dock ingalunda någon indikation på att man hamnat nära optimallösningen men väl en värdefull förutsättning för vidare utveckling.

Det är nämligen möjligt att med förhållandevis stor precision bestämma effekten av förändringar av den väl beprövade schablonlösning som presenteras i SBN 80.

Denna omständighet utnyttjas i detta projekt i det att effekten av omfördelningar, utökning och komplettering av värmeisolering i SBN 80 lösningen utvärderas.

## 3 DATAPROGRAMMET

För beräkningarna har dataprogrammet FEMTEMP, vilket finns beskrivet i (1) använts. Programmet är generellt i den meningen att det kan utnyttjas för analys av en-, två- och tredimensionella problem. Den version, FEMTEMP II som använts kan behandla tvådimensionella och rotationssymmetriska problem.

Körningarna av programmet har utförts på ARNE JOHNSON Ingenjörskyrans PRIME 850.

Programmet har vidareutvecklats till att beräkna värmeströmningen vid varje rand samt  $k$ -värden där sådana är relevanta. Den teoretiska bakgrunden samt val av beräkningsmodell finns beskrivet i (2).

## 4. METOD

En enkel referensgrund konstruerades enligt anvisningarna i SBN. Värmeströmningen mellan golv och markyta har med hjälp av vårt dataprogram beräknats.

Aktuella avsnitt i SBN80 vid grundläggning på mark :  
 kapitel 33:211 :247 :4 :52.

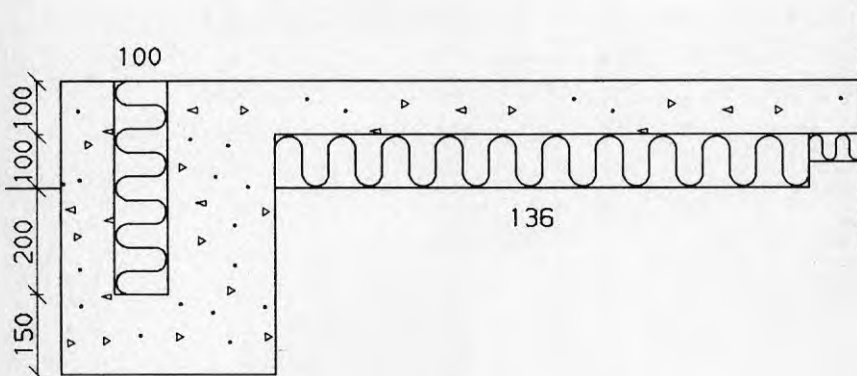


Fig. 4.1 Grund enligt anvisningar i SBN.

Den schematiska grunden visas i figur 4.1. Nedan kan man följa beräkningsgången.

## Kantisolering

$$m=1.60 \text{ m}^2\text{°C/W i zon I och II enligt 33:4}$$

$$d=1.6 \times 0.06=0.10 \text{ meter}$$

## Golvisolering

$$k=0.30 \text{ W/m}^2 \text{ °C} \quad \text{enligt 33:211}$$

$$m=1.00 \text{ m}^2\text{°C/W (för jord) yttre randfält enligt 33:211}$$

$$m=3.40 \text{ m}^2\text{°C/W (för jord) inre randfält enligt 33:247}$$

$$\begin{array}{r}
 d \quad 0.1 \qquad \qquad 1 \\
 \text{----} + \text{----} + 1.00 = \text{----} \\
 0.06 \quad 1.7 \qquad \qquad 0.3
 \end{array}$$

vilket ger isoleringstjocklek  $d=0.136$  meter under plattan och 0.100 meter i kantbalken.

Volymen isolering i den ovan beräknade grunden har vi sedan försökt placera på bästa sätt för att erhålla så låg värmeeström från huset och ut som möjligt. Utgångsmodellen framgår av figur 4.2 där isoleringen flyttades i små bitar från ett ställe till ett annat. Efter varje flyttning beräknades värmeeströmmen med dataprogrammet. Förfarandet upprepades så länge som värmeeströmmen minskade. Sedan togs isolering steg för steg från ett annat område tills slutligen en nära optimal placering av isoleringen ur energisynpunkt uppnåddes.

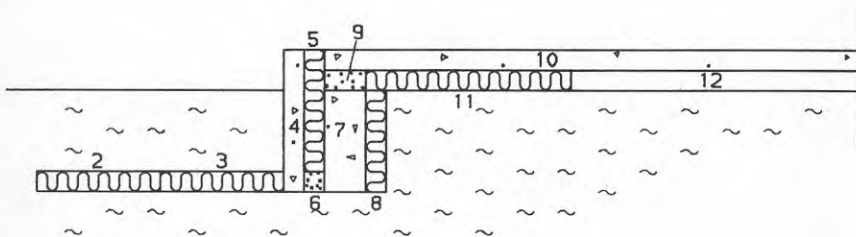


Fig. 4.2 Utgångsmodell

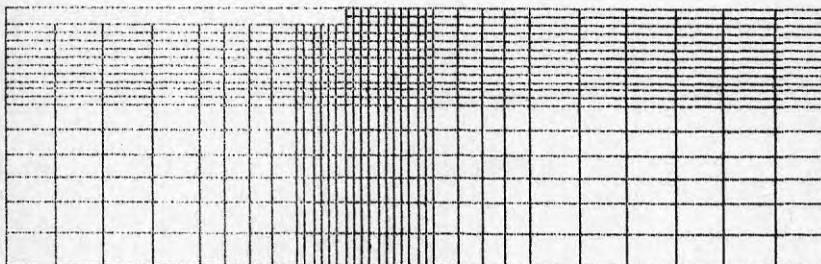
Fördelning av isolering vid större isoleringsmängder än som idag krävs i normen har också studerats. Detta med tanke på att ständigt stigande energipriser kan förmodas leda till större intresse för ökad isoleringstjocklek.

Principen har hela tiden varit att varje kubikcentimeter isolering som man köper skall placeras där den gör mest nytta ur energisynpunkt.

Som resultat har erhållits lägre värmeförluster, högre golvtemperatur och en nollgradient under grunden som ligger längre ut än SBN-grunden.

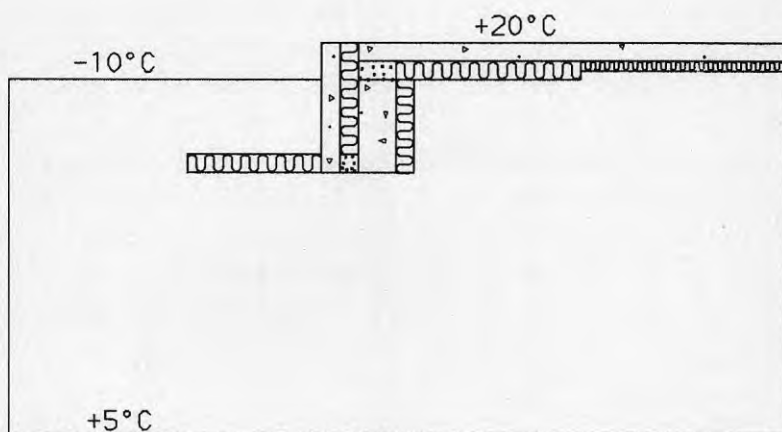
## 5. BERÄKNINGSMODELL

Värmeströmmen har beräknats med hjälp av dataprogrammet FEMTEMP. Konstruktionen har indelats i 602 rektanglar enligt figur 5.1 a,b. Fältet är 10.2 meter långt och 3 meter högt. Utetemperaturen har valts till  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  och innetemperaturen till  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vid beräkningen har värmeövergångsmotståndet utomhus satts till  $0.05\text{ m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ . Jorden har antagits ha värmeledningsförmågan  $\lambda = 1.4\text{ W}/\text{m }^{\circ}\text{C}$  vilket är värmeledningsförmågan i ofruset tillstånd. Värmeövergångsmotståndet vid golv har bedömts till  $0.25\text{ m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ . Vid randen på nivån  $-3\text{ m}$  har jordtemperaturen  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  valts. Randtemperaturen framgår även av figur 5.2. Vi har använt värmeledningsförmågan  $\lambda = 0.06\text{ W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$  för isoleringen. Indelningen i egenskapsområden framgår av figur 5.3. I beräkningen använder vi oss av stationär värmeströmning.

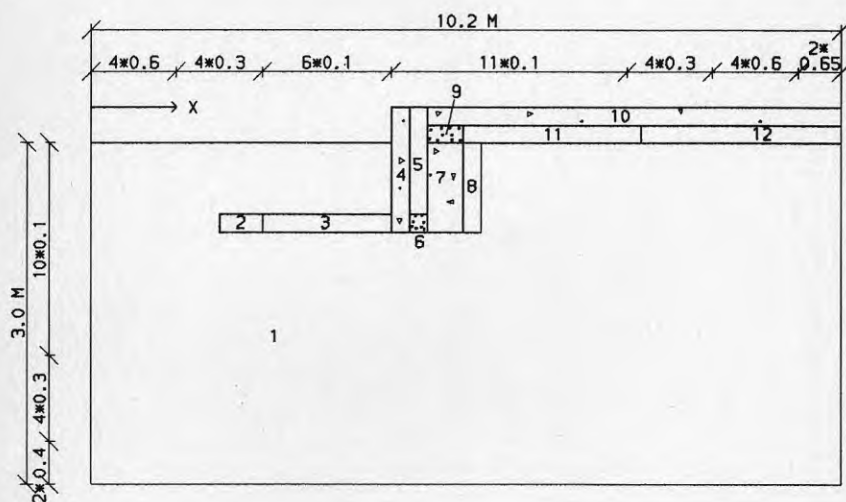


Figur 5.1a Skalriktig beräkningsmodell med alla element utritade.





Figur 5.2 Principfigur randtemperaturer

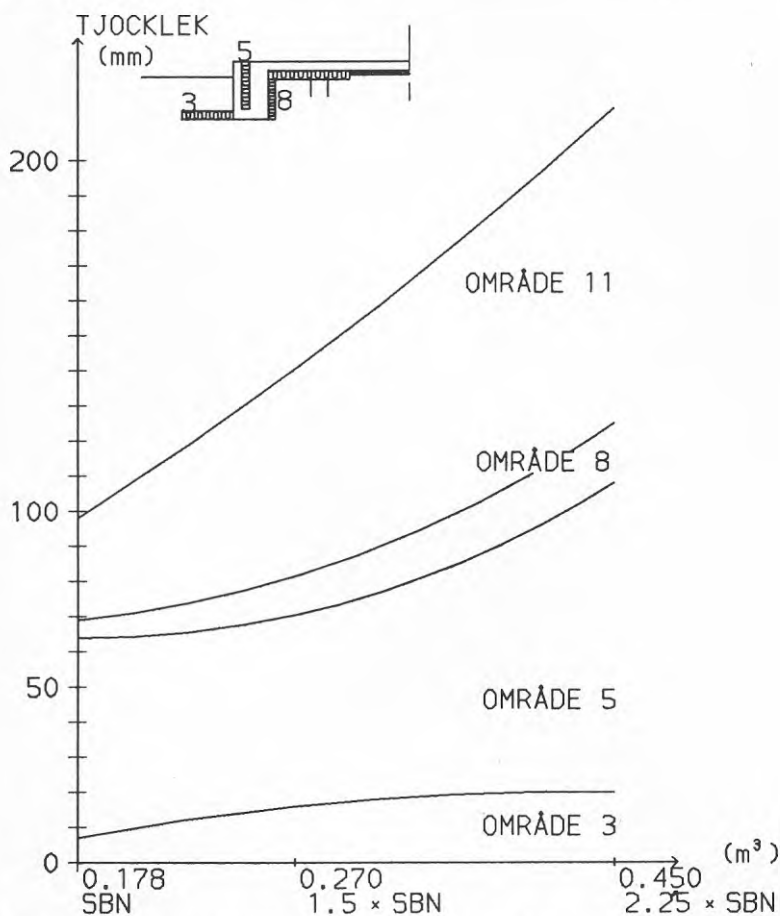


Figur 5.3 Indelning i egenskapsråden



## 6 OPTIMAL PLACERING AV ISOLERING

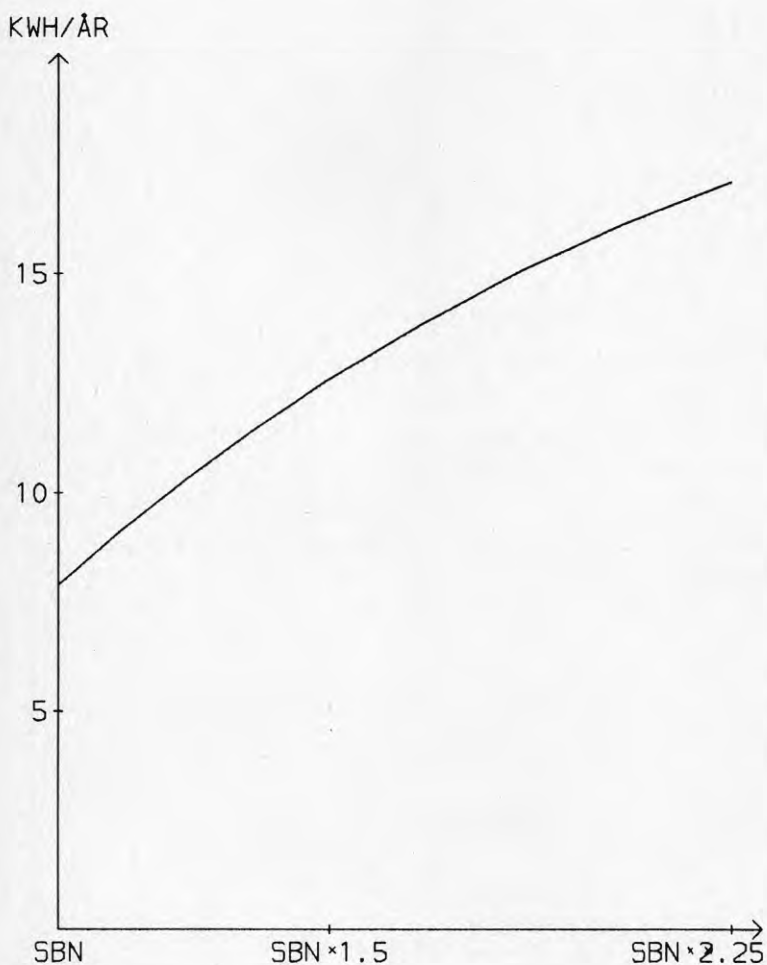
Då man isolerar en grund är man givetvis intresserad av hur man ska placera isoleringen för att få bäst effekt. Man vill att värme-strömmen från huset till omgivningen skall bli så liten som möjligt. Diagrammet i figur 6.1 visar bästa placering av isole- ringen om man utgår från en viss volym. Vid  $0.178 \text{ m}^3$  på x- axeln ser vi bästa fördelningen av isolering om vi använder samma volym som i referensgrunden enligt kap 4. Längs horisontella axeln ökar isoleringsmängden och på vertikala axeln framgår fördelningen mellan olika områden. Av diagrammet framgår också att för att minska värmeförlusten bör isoleringsinsatsen i första hand göras under plattan.



Figur 6.1 Placering av isolering utgående från volym.

## 7. ENERGIBESPARING VID OPTIMAL ISOLERINGSPLACERING

Jämför man energiåtgången för grunder med fördelning av isoleringen enligt kapitel 6 med referensgrunden enligt kapitel 4 framgår att redan vid den isoleringsvolym som man normalt använder idag kan en energibesparing på omkring 8 kWh/år och löpmetrar grund göras. Förhållandet mellan energibesparing och isoleringsvolym illustreras av diagram i figur 7.1 .



Figur 7.1 Förhållande mellan energibesparing och isoleringsvolym.

## 8. JÄMFÖRELSE AV VÄRMEGENOMGÅNGSKOEFFICIENTER

SBN's grund har värmeegenomgångskoefficienten  $k = 0.3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  enligt beräkningen i kapitel 4. Nedan görs en beräkning av värmeegenomgångskoefficienten för en grund med samma isoleringsvolym i kubikmeter som i SBN's grund men fördelat i enlighet med kapitel 6.

$$\begin{array}{r} 0.07 \quad 0.1 \quad 1 \\ \text{----} + \text{----} + 1.0 = \text{---} \\ 0.06 \quad 1.7 \quad k \end{array}$$

vilket ger att  $k=0.45 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

där 0.07 är tjocklek på isolering i m

" 0.10 " " " betongen i m

" 0.06 "  $\lambda$  isolering  $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$

" 1.70 "  $\lambda$  betong  $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$

" 1.00 " m för jord enligt tabell  $\text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C/W}$

" k " värmeegenomgångskoefficienten  $\text{W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$

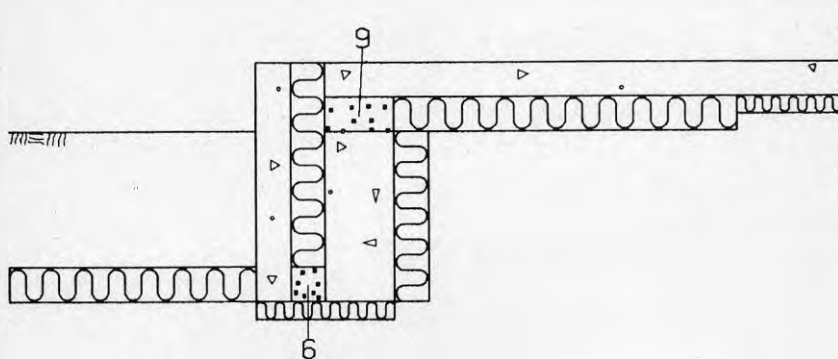
Här framgår att grunden enl. kapitel 6 får ett högre k-värde än referensgrunden med SBN's sätt att beräkna k-värde. Samtidigt har vi visat att värmeförlusten är lägre. Vi kommer också att visa att golvtemperaturerna vid ytterväggen är högre och att nollisotermen under grunden ligger bättre.

## 9. KÖLDBRYGGOR

Isoleringens tjocklek och placering är som synes mycket viktiga parametrar för erhållande av en bra funktion hos värmeisoleringen totalt sett. En annan faktor av stor betydelse både för inomhusklimatet, t.ex. i form av acceptabel golvtemperatur, och värmegenomströmningen, är köldbryggorna och deras utformning. Att helt eliminera dem är svårt. Här har undersökts några sätt att minska dess betydelse. Då flera olika modeller har valts, får man möjlighet att bedöma var bästa effekt erhålls med lägst insats.

För att kunna bedöma isoleringens effektiva  $\lambda$ -värden (ett  $\lambda$ -värde där hänsyn tagits till köldbryggornas inverkan) i områden med köldbryggor har vi arbetat fram en beräkningsmetod som ger en bra approximation.

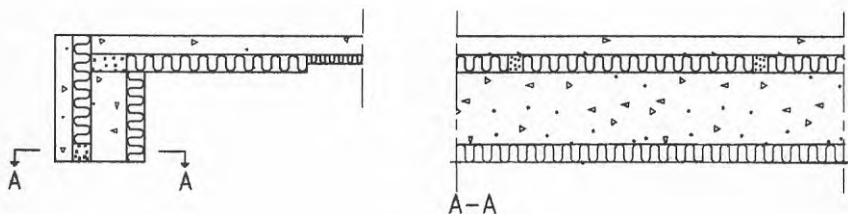
Inverkan på värmeströmmen då isoleringen i område 6 och 9 samt under kantbalken förbättrats har undersökts, se figur 9.1.



Figur 9.1 Undersökta köldbryggor

10. BERÄKNING AV FIKTIVT  $\lambda$  FÖR ISOLERING BRUTEN AV KÖLDBRYGGA

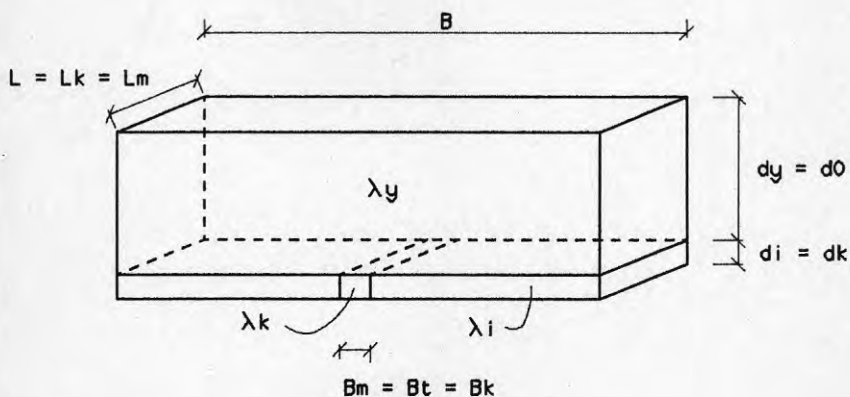
Det är rimligt att anta att man med små insatser av isolering kan få en god effekt på värmeströmmen om man isolerar område 6 eller 9 se figur 9.1. Den isoleringen bryts dock av konstruktiva skäl av betongklackar, se figur 10.1.



Figur 10.1 Exempel på utformning av grund

Vi har som tidigare nämnts utarbetat en metod för att beräkna effektivt  $\lambda$ -värde då isoleringen är bruten av betongklackar (köldbryggor) t.ex. enligt ovan. Nedan visas dels en generell användning och dels genomförs en beräkning i ett fall med cc-avstånd för klackarna på 1200 och en bredd på varje klack på 100. Värmeledningsförmåga för betong är här  $1.7 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  och för isoleringen  $0.06 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ .

Beräkning av fiktivt  $\lambda$ , generell användning.



Figur 10.2 Principfigur.

Metoden går ut på att ett fiktivt  $\lambda$ -värde beräknas för kombinationen isolermaterial - köldbrygga.

Härvid studeras ett karakteristiskt utsnitt av konstruktionen, d v s en beräkningsmodell enligt figur 10.2 där ingående data utgöres av medelvärden för den verkliga konstruktionen.

Vid beräkningen delas konstruktionen upp i två delar med ett snitt genom isolerskiktet i dess plan, varefter varje del behandlas för sig. Uppdelningen göres lämpligen i mitten av isolerskiktet eller i någon konstruktionsgräns, t.ex. där korsande reglar möts eller där isolermaterial ändras.

Följande beräkningar genomföres:

$$M1 = \frac{d_i}{\lambda_i \cdot B \cdot L}$$

där  $d_i$  = isolerskiktets tjocklek (m)

$\lambda_i$  = isolerskiktets värmeledningsförmåga ( $W/m^{\circ}C$ )

$B$  = beräkningsmodellens bredd (m)

$L$  = beräkningsmodellens längd (m)

$$M_2 = \frac{d_y}{\lambda_y \cdot B \cdot L}$$

där  $d_y$  = ytterskiktets tjocklek, dock max  $0.5 (B + B_k)(m)$

$\lambda_y$  = ytterskiktets värmeisoleringsförmåga ( $W/m^{\circ}C$ )

$$M_3 = \frac{d_k}{(\lambda_k - \lambda_i) \sqrt{B_m \cdot L_m \cdot B_t \cdot L_t}}$$

där  $d_k$  = köldbryggans längd i värmeströmmens riktning,  
d v s avståndet längs köldbryggan från tyngdpunkten av kontaktytan mellan ytterskikt och köldbrygga till kontaktytan mellan köldbryggorna i delningssnittet. (m)

$\lambda_k$  = köldbryggans värmeledningsförmåga ( $W/m^{\circ}C$ )

$B_t \cdot L_t$  = köldbryggans tvärsnittsytta vinkelrät mot dess värmeström ( $m^2$ ) varvid  $L_t$  är det minsta av måtten

$L_k$  och

$$L_m + d_k \cdot \sqrt{\frac{\lambda_k}{\lambda_i}}$$

$B_m \cdot L_m$  = kontaktytan mellan köldbryggedelarna i delningssnittet.

$$M_4 = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_y \cdot L_k} \ln \left( \frac{2\pi \cdot B_o \cdot d_o}{B_k \cdot B_k} + 1 \right)$$



där  $L_k$  = utsträckningen i L-led för kontaktytan mellan köldbrygga och ytskikt. (m)

$B_k$  = utsträckningen i B-led för kontaktytan mellan köldbrygga och ytterskikt (m). Väljs så att produkten  $B_k \cdot L_k$  svarar mot verklig storlek på denna kontaktyta.

$$B_o = \text{det minsta av måtten } B \text{ och } B_k + 2d_y \sqrt{\frac{B_k \cdot \lambda_k}{d_i \cdot \lambda_i}}$$

$d_o$  = det minsta av måtten  $0,5 (B + B_k)$  och täckskiktet utanför tyngdpunkten på kontaktytan mellan köldbrygga och ytterskikt.

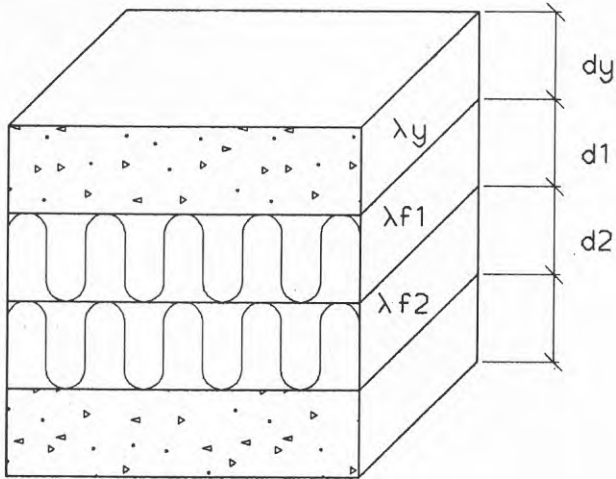
I beräkningsmodellen förutsätts att köldbryggan är något så när symmetrisk belägen inom ytan  $B \cdot L$ . Vid stora excentriciteter på köldbryggans läge kan modellen uppdelas i fyra kvadranter, varefter varje kvadrant tilldelas en köldbryggedel i proportion till sin area, varefter det fiktiva  $\lambda$ -värdet beräknas för varje kvadrant för sig.

Under förutsättning att  $\frac{M_4}{M_2} > 3$  eller  $\frac{M_4}{M_2} > 1 + \frac{M_2}{2 M_1}$  kan nu det fiktiva  $\lambda$ -värdet  $\lambda_{f1}$  för kombinationen värmeisolering och köldbrygga beräknas inom aktuell "konstruktionshalva" enligt sambanden

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{M_1 + M_2 \left(1 + \frac{M_2}{M_2 + M_3 + M_4}\right)} + \frac{1}{M_3 + M_4 \left(1 + \frac{M_4}{M_1 + M_2 + M_4}\right)}$$

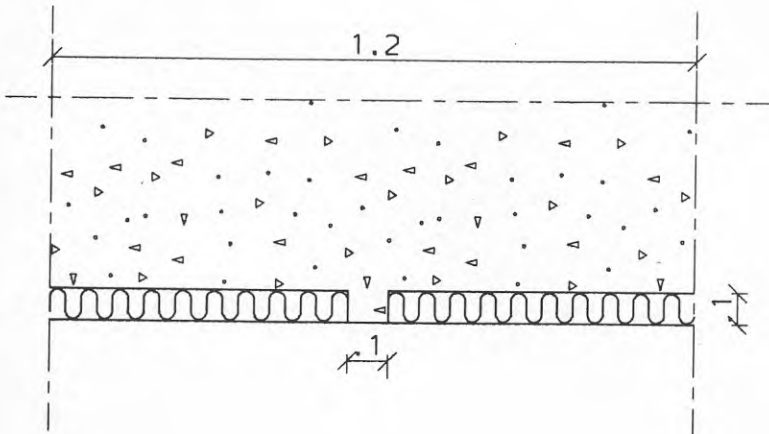
$$\lambda_{f1} = \frac{d_1}{B \cdot L (M - M_2)}$$

Sedan  $\lambda_{f1}$  beräknats på motsvarande sätt för återstående del av konstruktionen erhålles nedanstående beräkningsmodell figur 10.3, som kan behandlas på gängse sätt.



Figur 10.3 Beräkningsmodell

Vid aktuell grund erhålles enligt figur 10.4



Figur 10.4 aktuell grund

$$M1 = \frac{0.1}{0.06 \cdot 1.2 \cdot 0.2} = 6.94$$

$$M2 = \frac{0.65}{1.7 \cdot 1.2 \cdot 0.2} = 1.59$$

$$M3 = \frac{0.1}{(1.7 - 0.06) \cdot 0.1 \cdot 0.2} = 3.04$$

$$M4 = \frac{1}{2 \cdot 1.7 \cdot 0.2} \ln \frac{2 \cdot 1.2 \cdot 0.65}{0.1 \cdot 0.1} + 1 = 4.93$$

$$M = \frac{1}{6.94 + 1.59 \left(1 + \frac{1}{1.59 + 3.04 + 4.93}\right)}$$

$$= \frac{1}{3.04 + 4.93 \left(1 + \frac{4.93}{4.93 + 6.94 + 1.59}\right)}$$

$$M = 4.630$$

$$\lambda_{\text{fikt}} = \frac{0.1}{0.2 \cdot 1.2 (4.63 - 1.59)}$$

$$\lambda_{\text{fikt}} = 0.14$$

## 11. ENERGI BESPARING MED ISOLERINGSÅTGÄRDER VID KÖLDBRYGGORNA

Då värmeströmmen minskas genom köldbryggorna erhåller man en lägre energiförbrukning. Vi har i fyra fall beräknat den ungefärliga storleken av denna besparing.

Fall 1 Betongen i område 6 ersätts med isolering med värmeledningsförmåga =  $0.06 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  som bryts på cc 1200 av betongklackar.

Fall 2 Betongen i område 9 ersätts med isolering med samma värmeledningsförmåga som ovan och betongklackar på cc 1200.

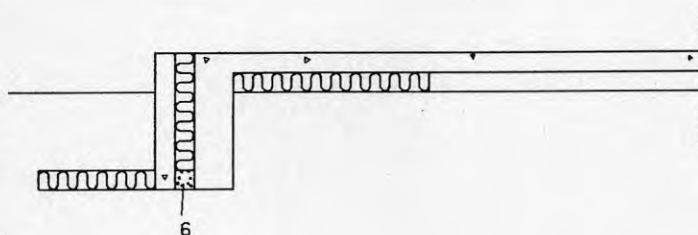
Fall 3 Foamglas med tjocklek på 50 mm och värmeledningsförmåga =  $0.046 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  placeras under kantbalken.

Fall 4 Åtgärd enligt fall 1 och 3 samtidigt.

Energibesparingen är redovisad dels i kWh/år och löpmeter, dels har kostnaden beräknats för den extra isoleringen som måste läggas i för att energiförlusten skall vara 1 kWh/år lägre.

## Fall 1

Energibesparing med område 6 isolerat med  $\lambda_f = 0.14$



Figur 11.1 Fall 1

Vår grund:

1. 1.0x SBN-mängd  $38.011 - 37.217 = 0.794$  W
2. 1.5x SBN-mängd  $36.593 - 35.874 = 0.719$  W
3. 2.25 SBN-mängd  $35.756 - 34.423 = 0.833$  W

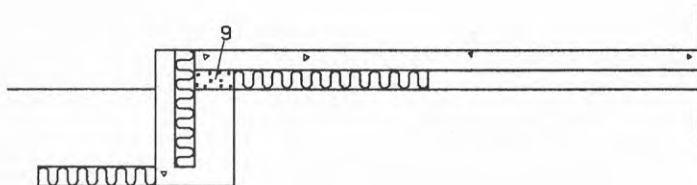
m<sup>3</sup> isolering i kant

- |    |                          |        |
|----|--------------------------|--------|
| 1. | Q1 = 2.64 kWh/år och 1 m | 0.014  |
| 2. | Q2 = 2.39 kWh/år och 1 m | 0.0135 |
| 3. | Q3 = 2.77 kWh/år och 1 m | 0.0218 |

Pris för RW 389-00 458.50 kr/m<sup>3</sup>

- |    |  |
|----|--|
| 1. | För 2.43 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |
| 2. | För 2.59 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |
| 3. | För 3.61 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |

## Fall 2

Energibesparing med område 9 isolering med  $\lambda_f = 0,14$ 

Figur 11.2 Fall 2

Vår grund:

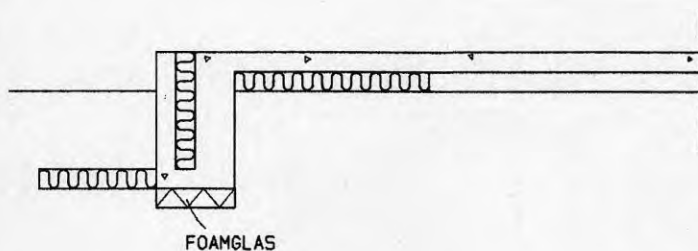
1. 1.0x SBN-mängd 39.011 - 35.907 = 2.104 W
2. 1.5x SBN-mängd 36.593 - 33.255 = 3.338 W
3. 2.25x SBN-mängd 35.256 - 31.337 = 3.919 W

m<sup>3</sup> isolering i kant

- |    |                           |                         |
|----|---------------------------|-------------------------|
| 1. | Q1 = 7.01 kWh/år och 1 m  | 0.2 x 0.07 . 1 = 0.014  |
| 2. | Q2 = 11.11 kWh/år och 1 m | 0.2 x 0.147 . 1 = 0.029 |
| 3. | Q3 = 13.05 kWh/år och 1 m | 0.2 x 0.222 . 1 = 0.044 |

Pris för RW 389-00 458.50 kr/m<sup>3</sup>

- |    |  |
|----|--|
| 1. | För 0.92 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |
| 2. | För 1.20 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |
| 3. | För 1.56 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |

Fall 3Energibesparing med 50 foamglass under kantbalken

Figur 11.3. Fall 3

Vår grund

1. 1.0x SBN-mängd 38.011 - 37.838 = 0.173 W
2. 1.5x SBN-mängd 36.593 - 36.476 = 0.117 W
3. 2.25 SBN-mängd 35.256 - 35.134 = 0.122 W

	m <sup>3</sup> foamglass
1. Q1 = 0.58 kWh/år och 1 m	0.05 · 0.40 · 1.0 = 0.02 m <sup>3</sup>
2. Q2 = 0.39 kWh/år och 1 m	0.05 · 0.40 · 1.0 = 0.02 m <sup>3</sup>
3. Q3 = 0.41 kWh/år och 1 m	0.05 · 0.40 · 1.0 = 0.02 m <sup>3</sup>

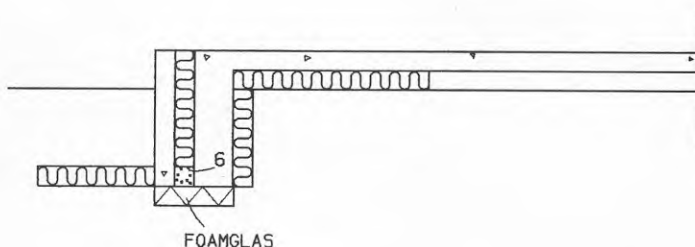
Pris för foamglass 700 kr/m<sup>3</sup>

- |    |   |
|----|---|
| 1. | För 24:00 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |
| 2. | För 35:90 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |
| 3. | För 34:15 kr köper man 1 kWh/år i all framtid |



## Fall 4

Energibesparing med foamglass under kantbalken och område 6  
isolerat med  $\lambda_f = 0.143$



Figur 11.4 Fall 4

Vår grund

1. 1.0x SBN-mängd 38.011 - 36.271 = 1.740 W
2. 1.5x SBN-mängd 36.543 - 35.035 = 1.558 W
3. 2.25 SBN-mängd 35.756 - 33.360 = 1.896 W

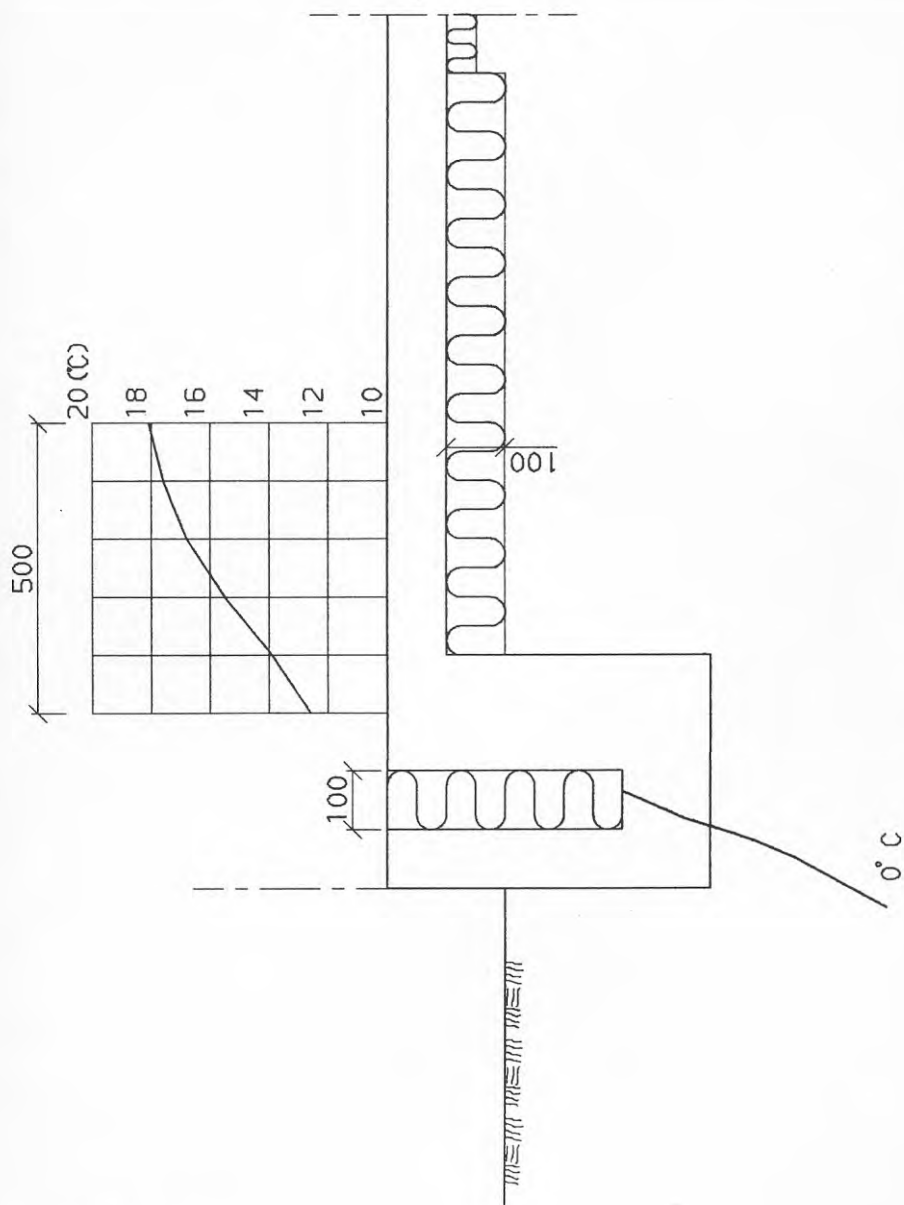
1. Q1 - 5.79 kWh/år och 1 m, 0.02 m<sup>3</sup> foamglass + 0.014 isol
2. Q2 - 5.19 kWh/år och 1 m, 0.02 m<sup>3</sup> foamglass + 0.0135 isol
3. Q3 - 6.31 kWh/år och 1 m, 0.02 m<sup>3</sup> foamglass + 0.0218 isol

1. För 3.53 köper man 1 kWh/år i all framtid
2. För 3.89 köper man 1 kWh/år i all framtid
3. För 3.80 köper man 1 kWh/år i all framtid

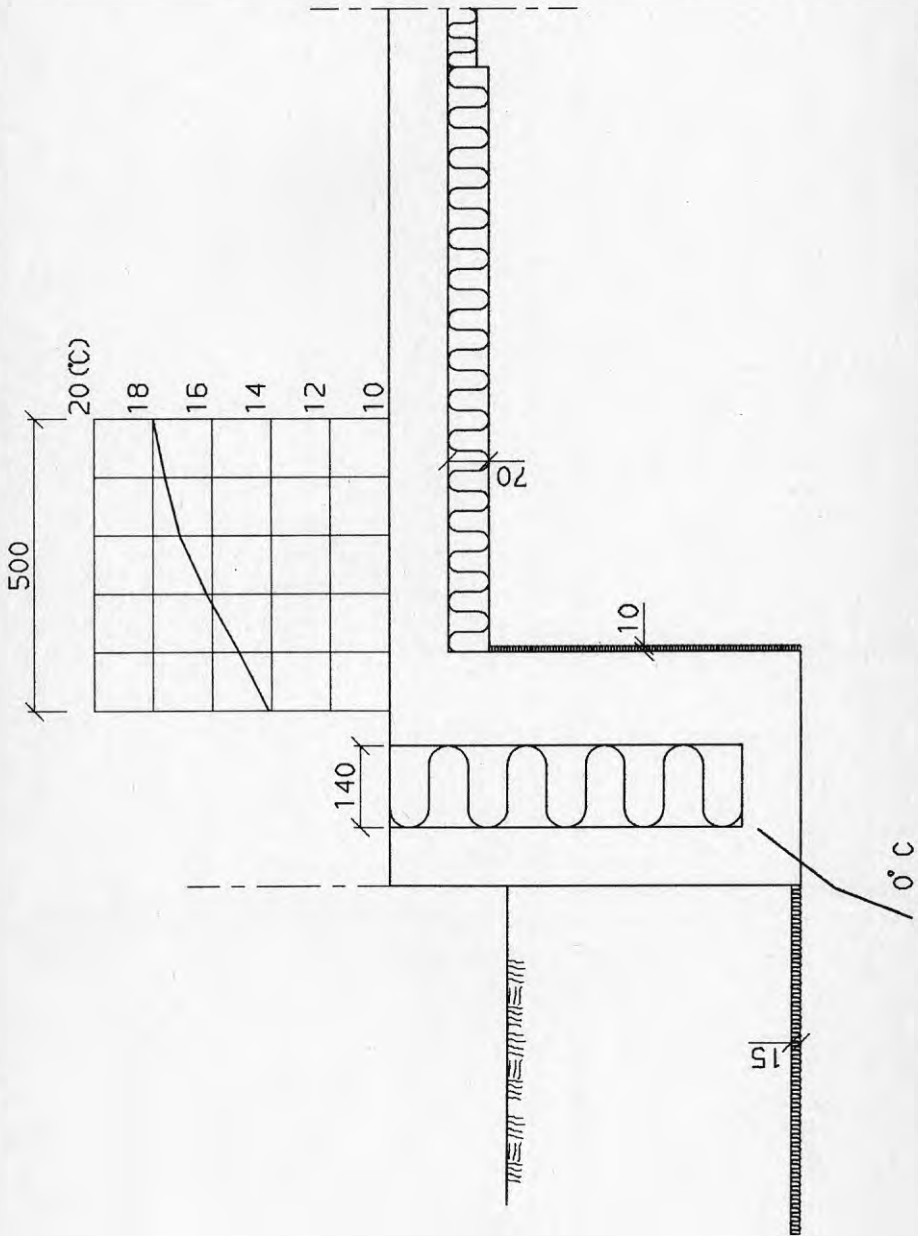
## 12. GOLVTEMPERATUR OCH NOLLGRADIENT

Temperaturen på golvet och då speciellt längs ytterväggen är en viktig faktor för ett gott inomhusklimat. I SBN finns krav på golvtemperaturer 0.5 meter från ytterväggen. Det fordras minst + 16 °C i bostadsrum, + 18 °C i badrum och + 20 °C i förskola samt fritidshem. Detta krav medför indirekt att närmare ytterväggen finns inga specificerade krav.

I detta sammanhang är nollgradientens läge mycket intressant. För att förhindra tjällyftning måste grundläggningen ske på sådant sätt att skadlig påverkan ej kan ske. Nollgradientens läge redovisas grafiskt i figur 12.1 - 12.16 Läget kan ej betraktas som absolut utan skall jämföras med nollgradienten i referensgrunden. Detsamma gäller temperaturerna, som inte skall ses helt absoluta, utan i första hand jämföras med varandra. Alla grunderna är beräknade med samma metod och i samma beräkningsmodell.

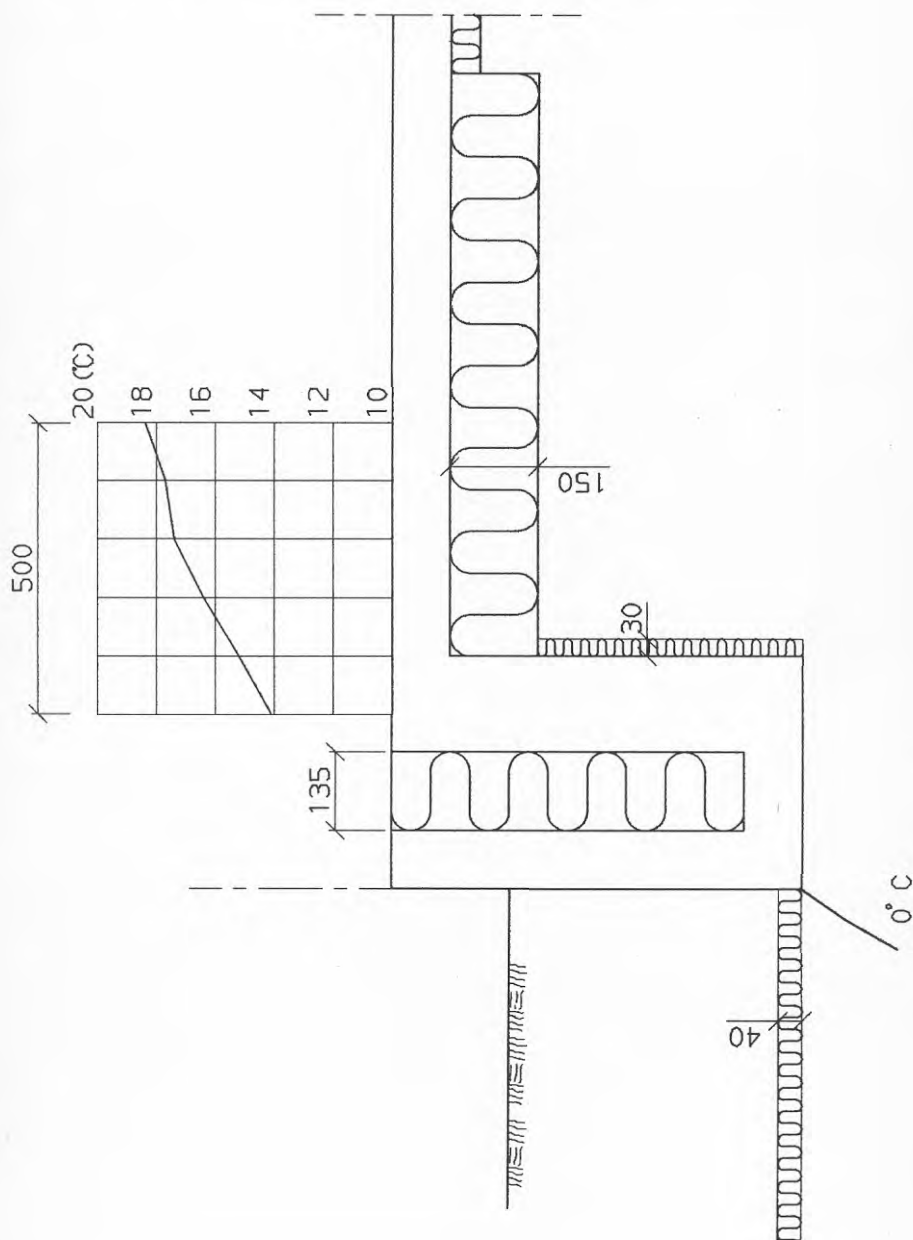
Golvtemperatur vid SBN-grundFigur 12.1

Golvtemperatur vid samma isoleringsmängd som SBN-grund och obrutna köldbryggor men omfördelad värmeisolering.



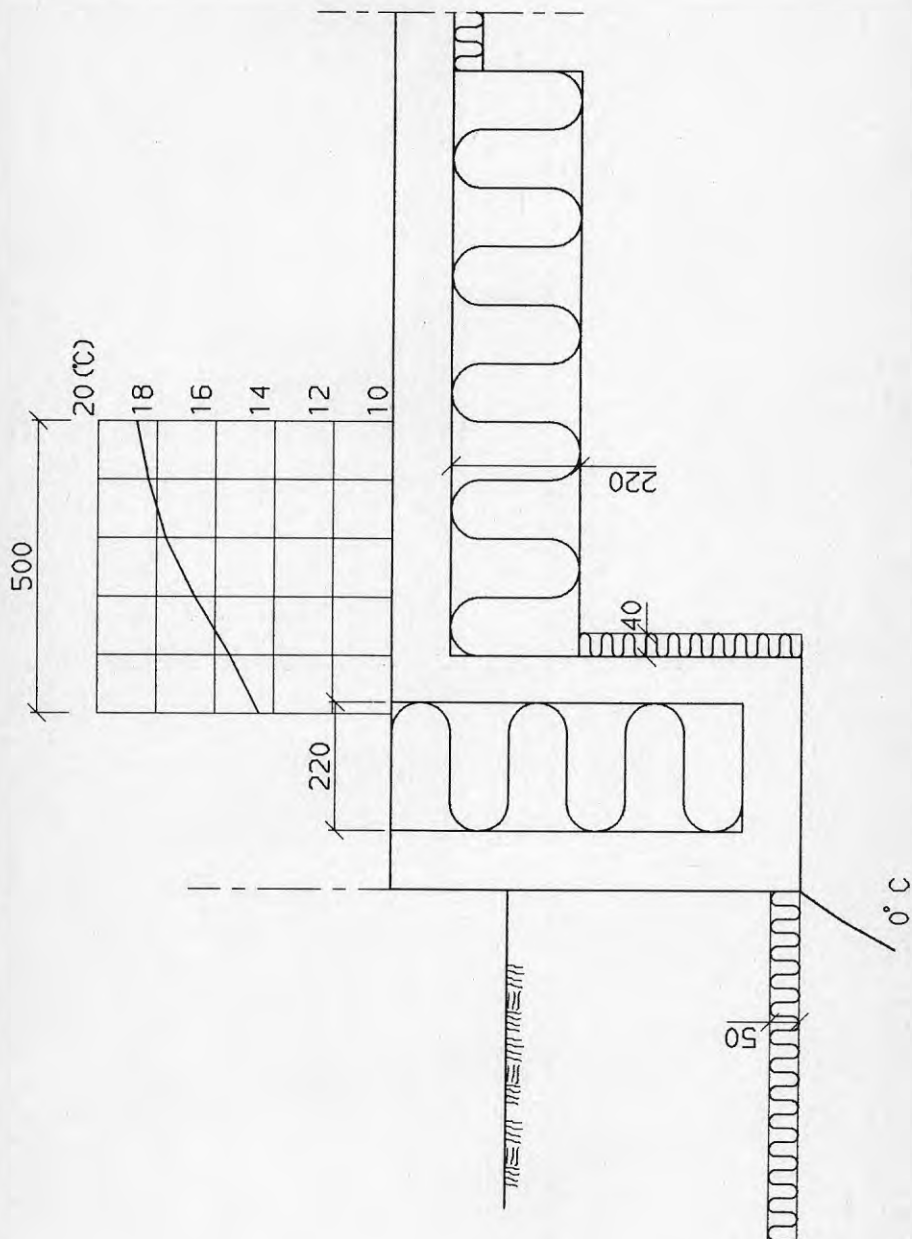
Figur 12.2

Golvtemperatur vid isoleringsmängd 1.5 x SBN-grund, omfördelad  
 men med obrutna köldbryggor.



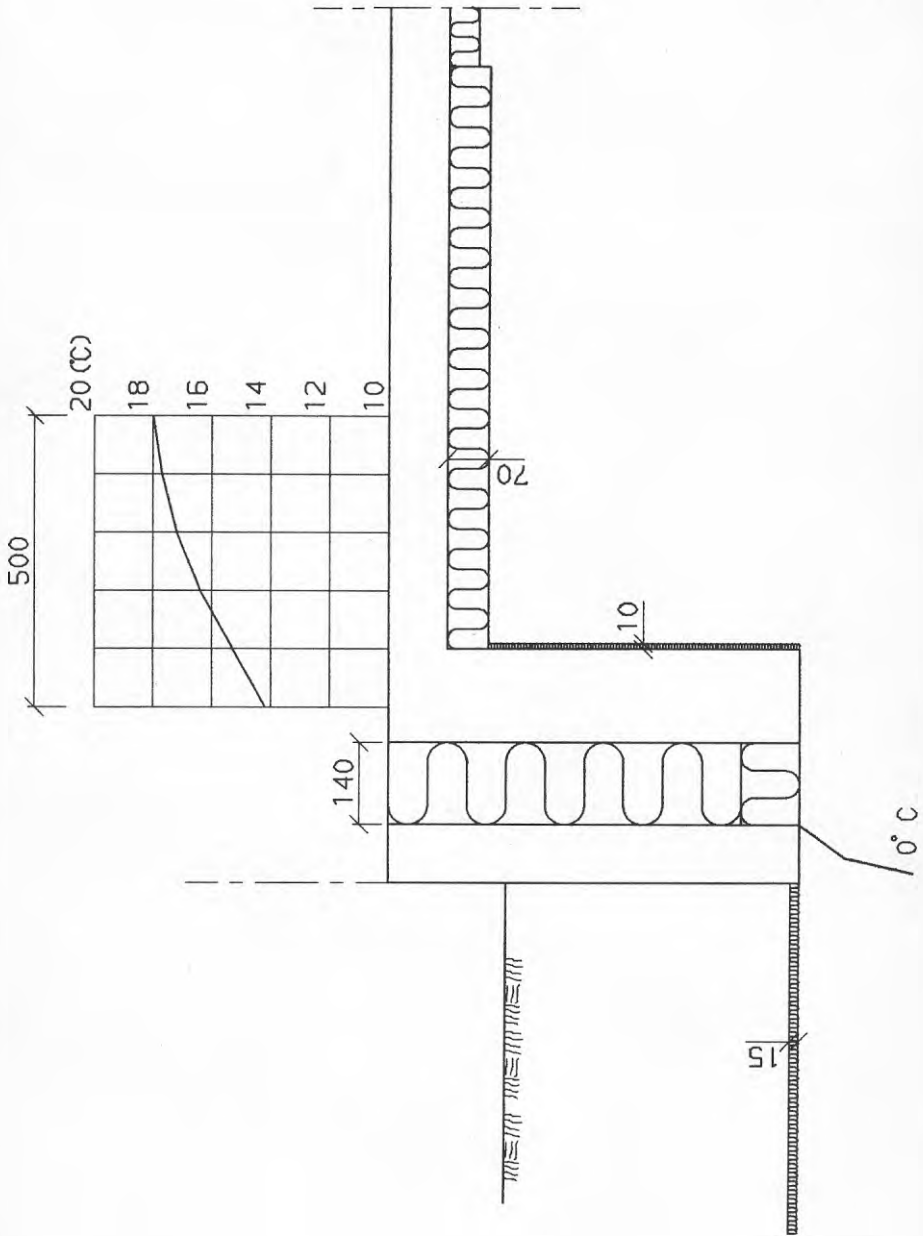
Figur 12.3

Golvtemperatur vid isoleringsmängd 2,25 x SBN-grund, omfördelad  
men med obrutna köldbryggor.



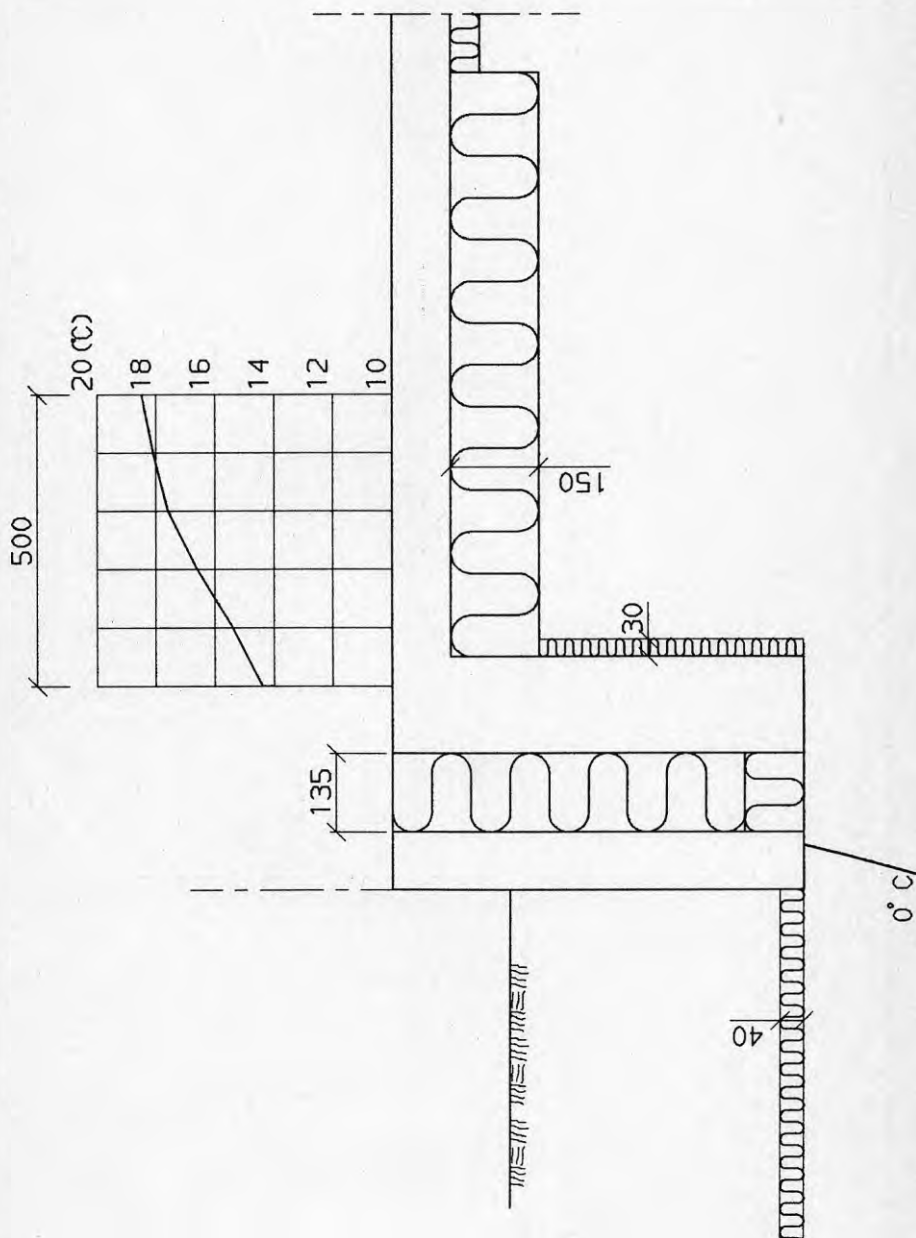
Figur 12.4

Golvtemperatur vid samma isoleringsmängd som SBN-grund, anförde-  
 lad och köldbrygga bruten i u.k. kantbalk



Figur 12.5

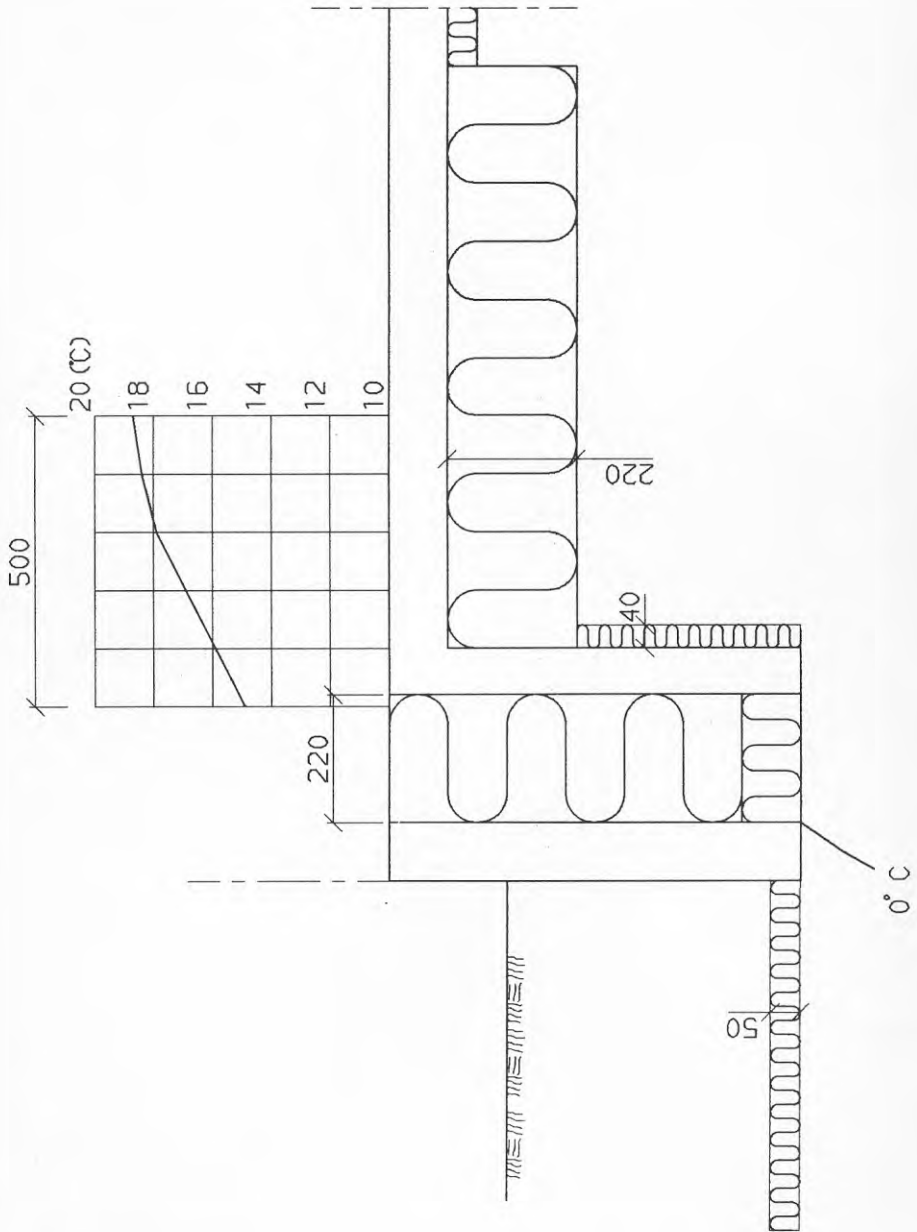
Golytemperaturtur vid isoleringsmängd 1,5 x SBN-grund, omfördelad och med köldbryggor brutna i underkant kantbalk.



Figur 12.6

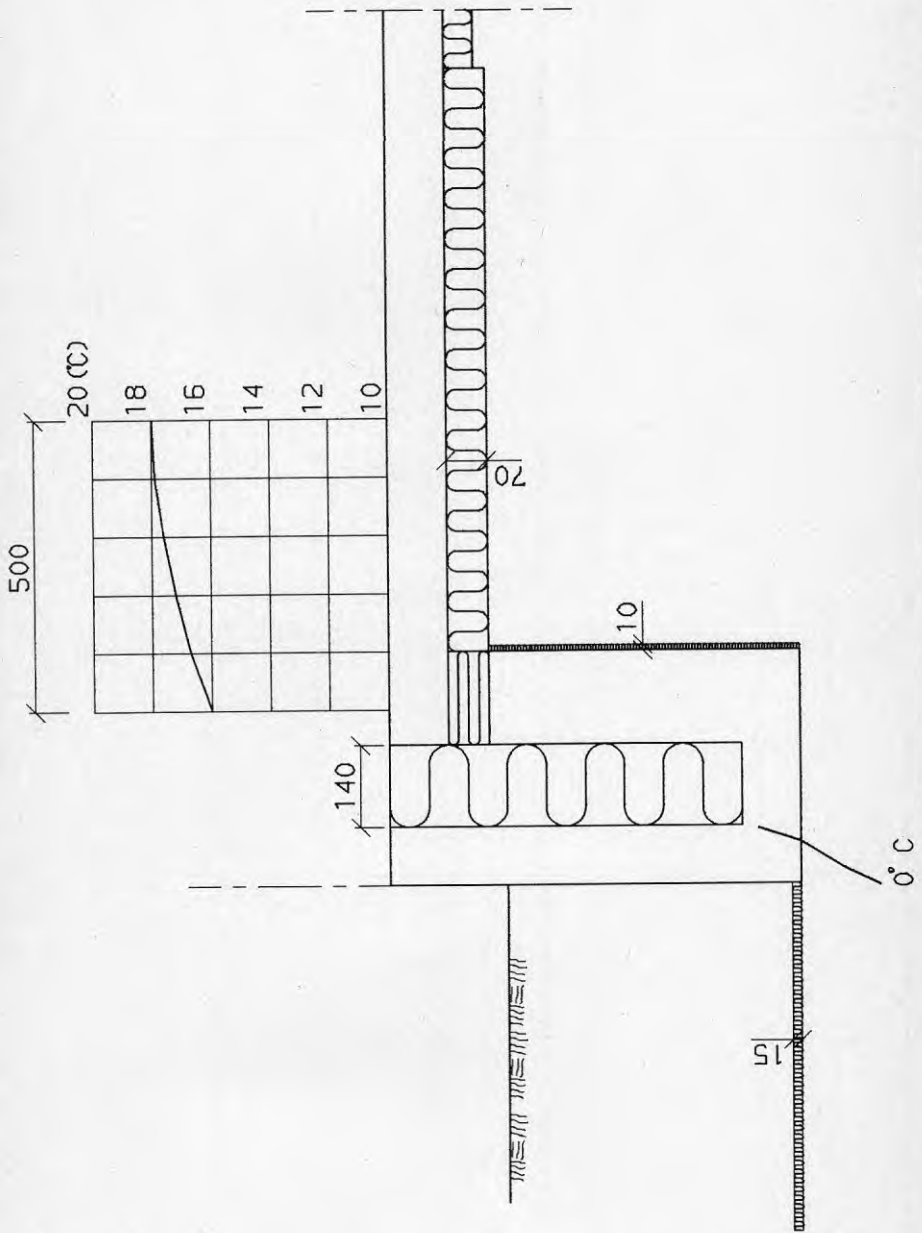


Golvtemperatur vid isoleringsmängd 2,25 x SBN-grund, omfördelad och med köldbrygga bruten i underkant kantbalk.



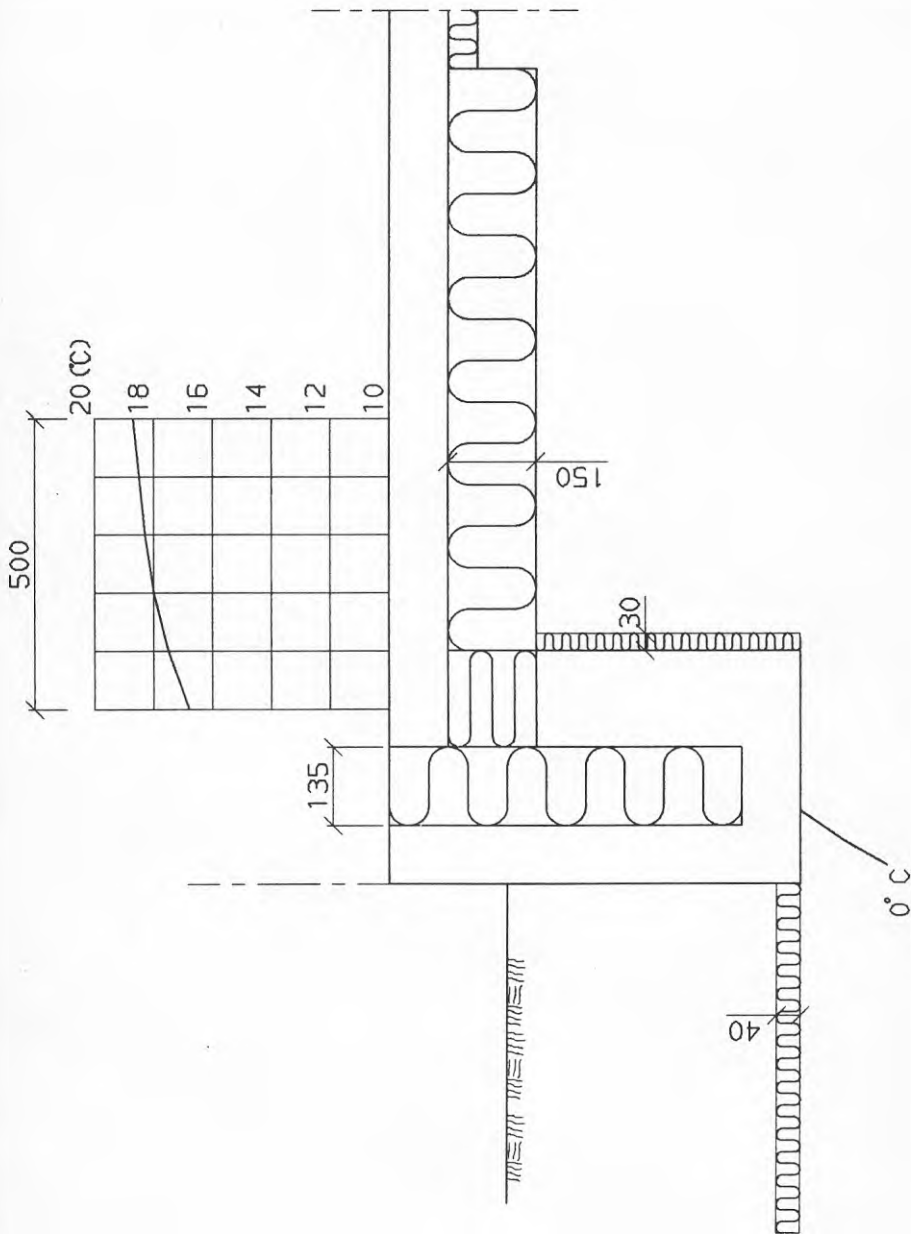
Figur 12.7

Golvtemperatur vid samma isoleringsmängd som SBN-grund, omfördelad och med köldbrygga bruten under betonggolv.



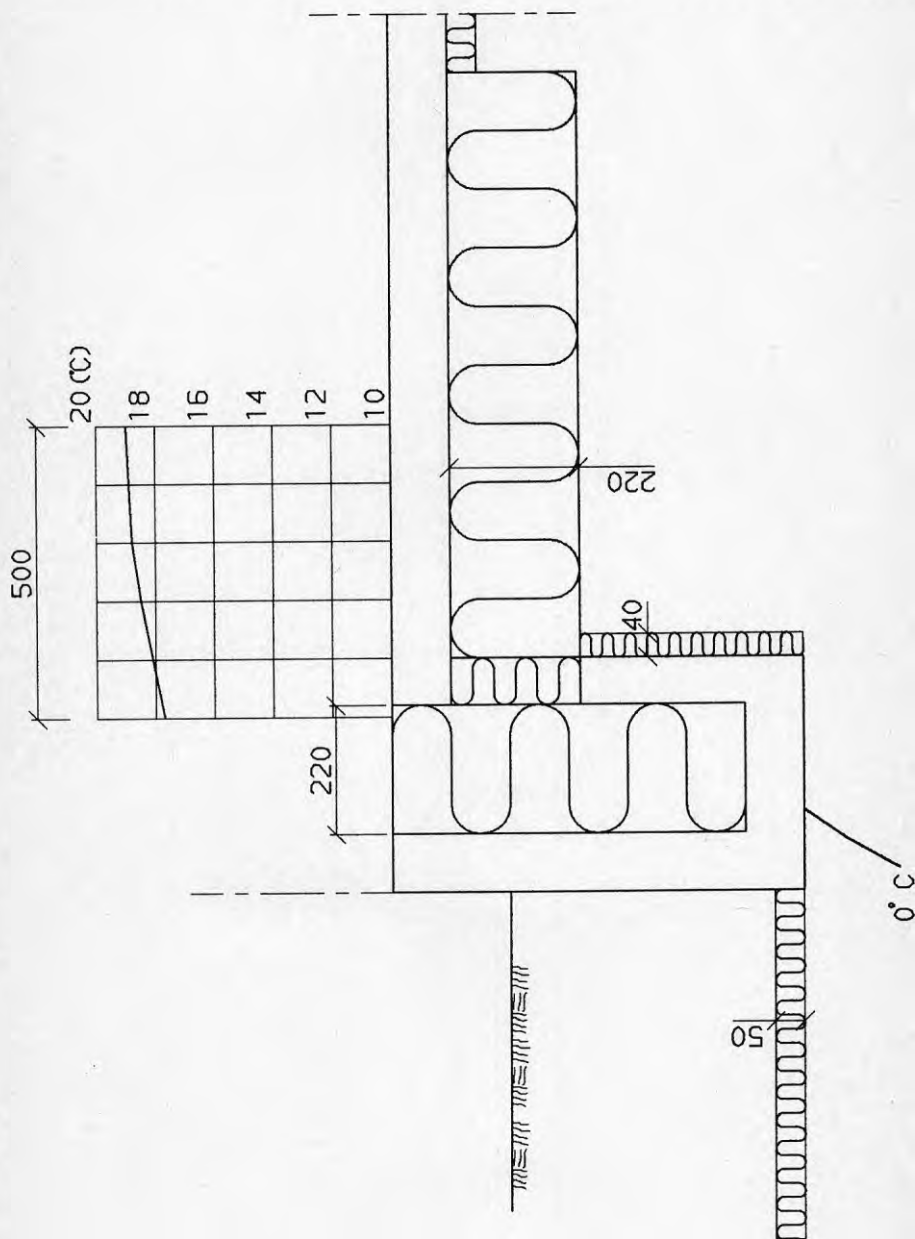
Figur 12.8

Golvtemperatur vid isoleringsmängd 1.5 x SBN-grund, omfördelad  
och med köldbrygga bruten under betonggolv.



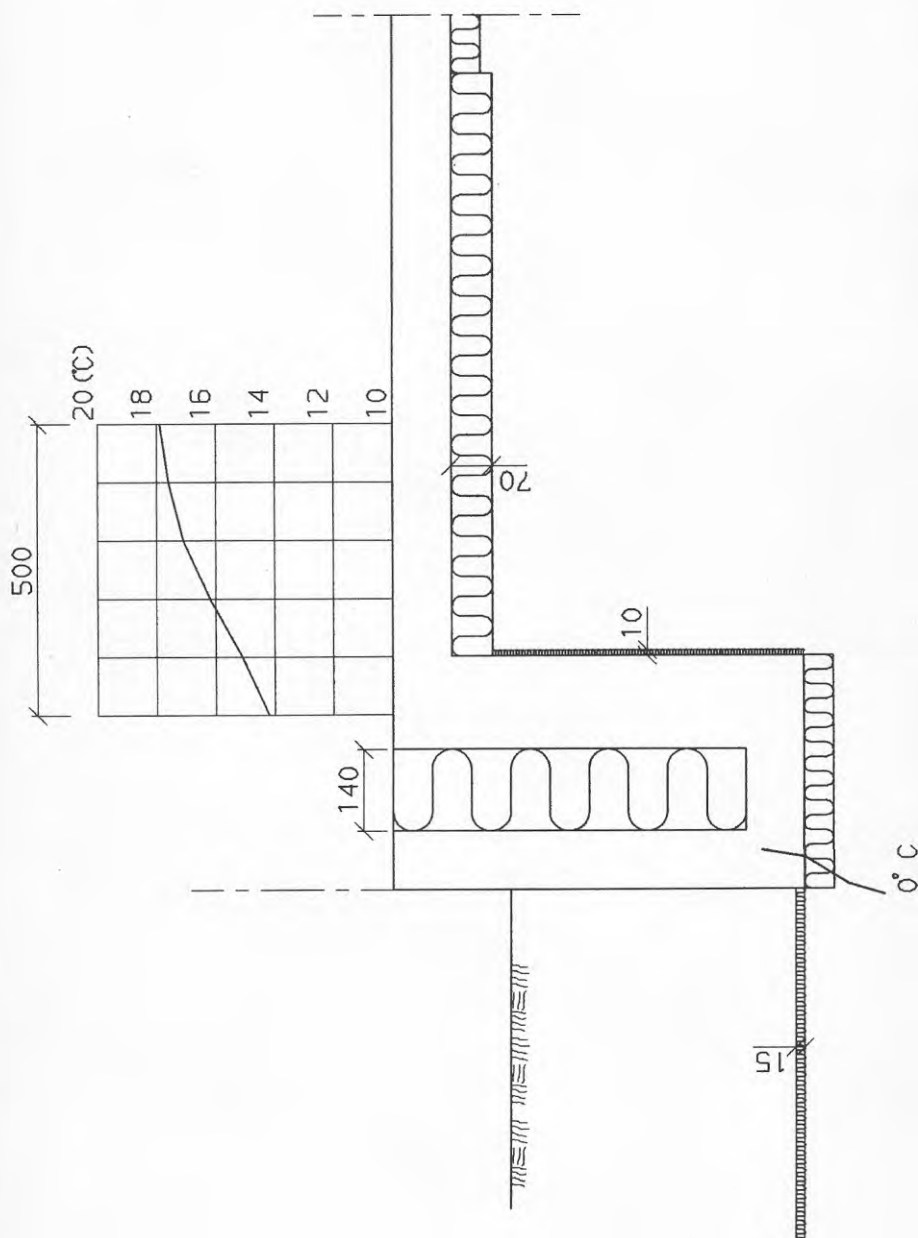
Figur 12.9

Golvtemperatur vid isoleringsmängd 2,25 x SBN-grund, omfördelad och med köldbrygga bruten under betonggolv.



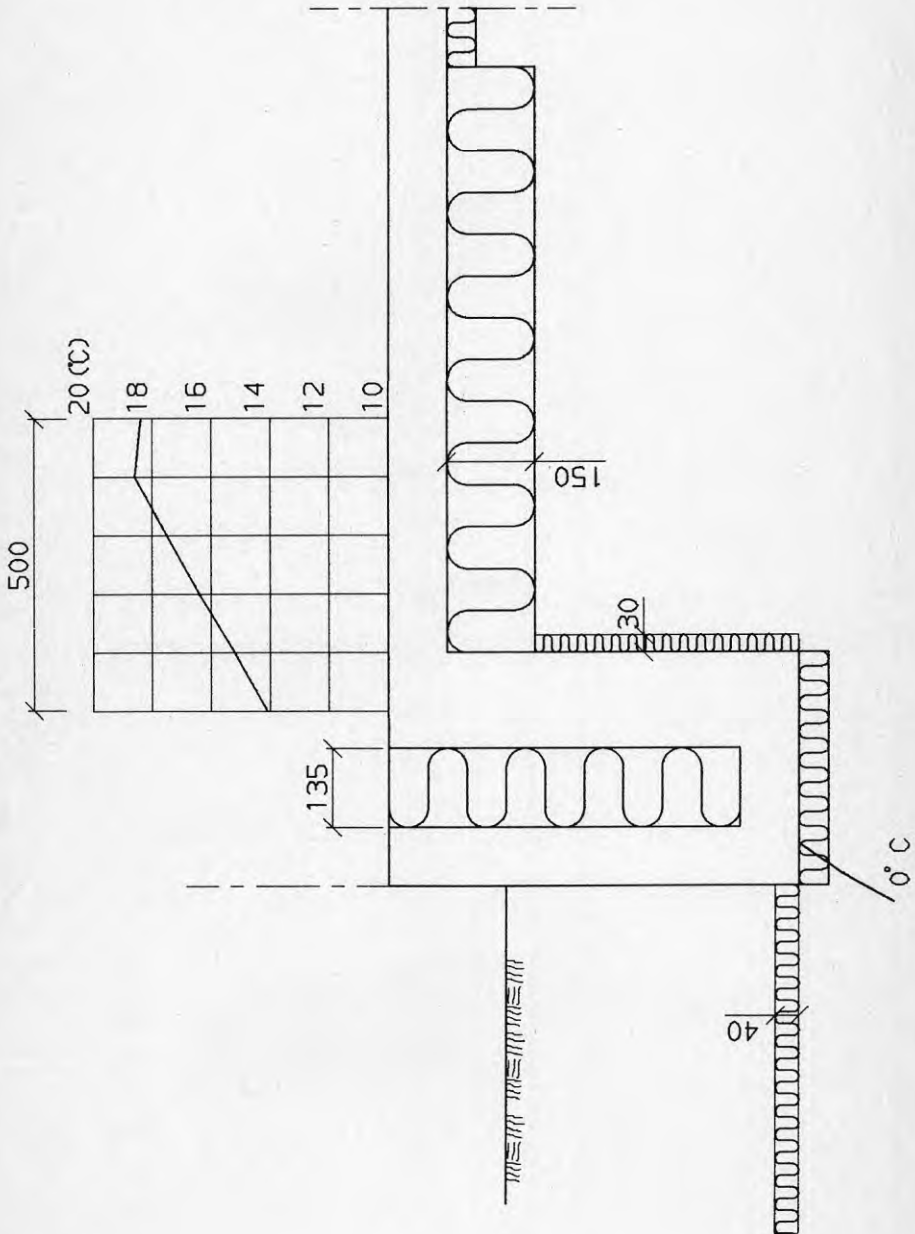
Figur 12.10

Golvtemperatur vid samma isoleringsmängd som SBN-grund, utförda  
lad och kompletterad med isolering under kantbalk



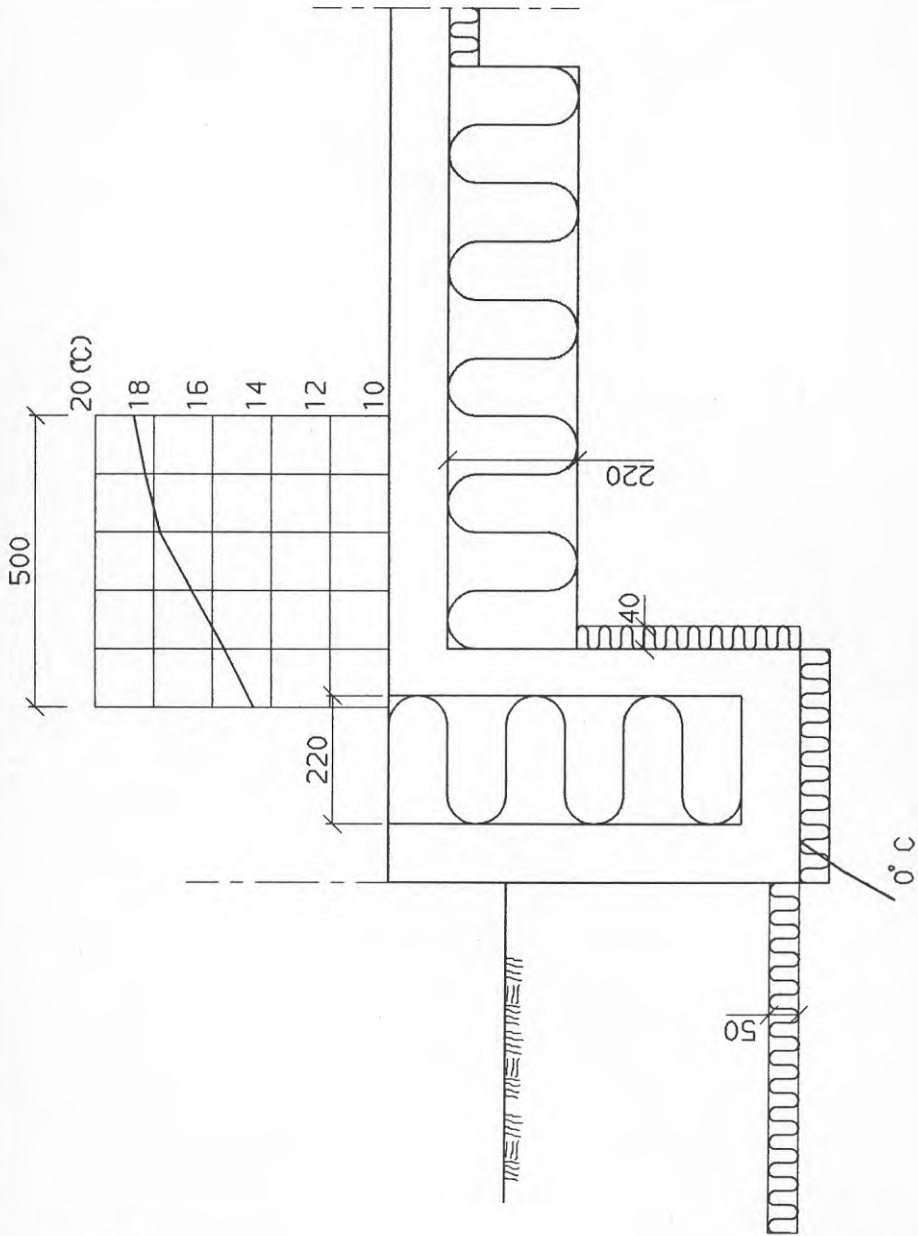
Figur 12.11

Golvtemperatur vid isoleringsmängd 1.5 x SBN-grund, omfördelad och kompletterad med isolering under kantbalk.



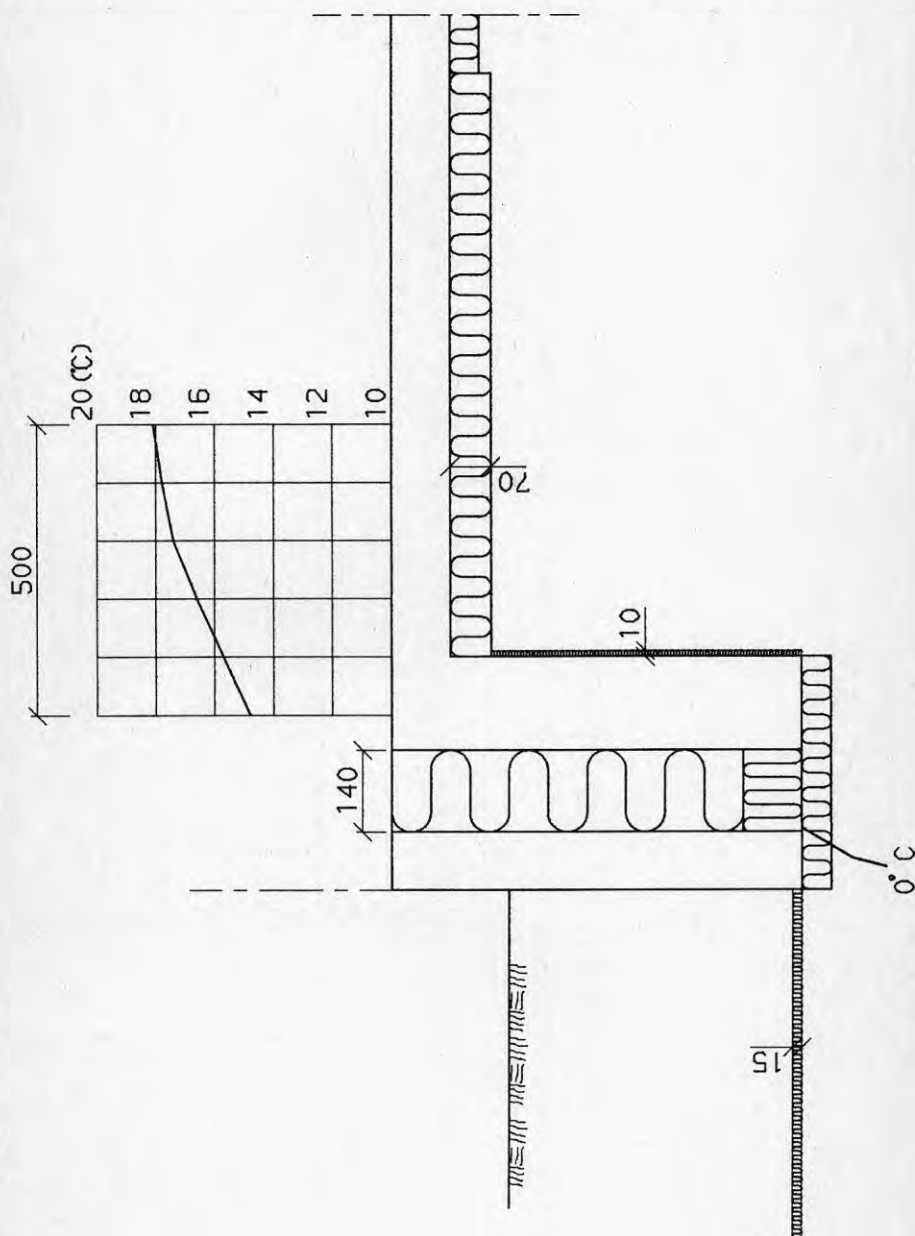
Figur 12.12

Golvtemperatur vid isoleringsmängd 2,25 x SBN-grund, omfördelad och kompletterad med isolering under kantbalk.



Figur 12.13

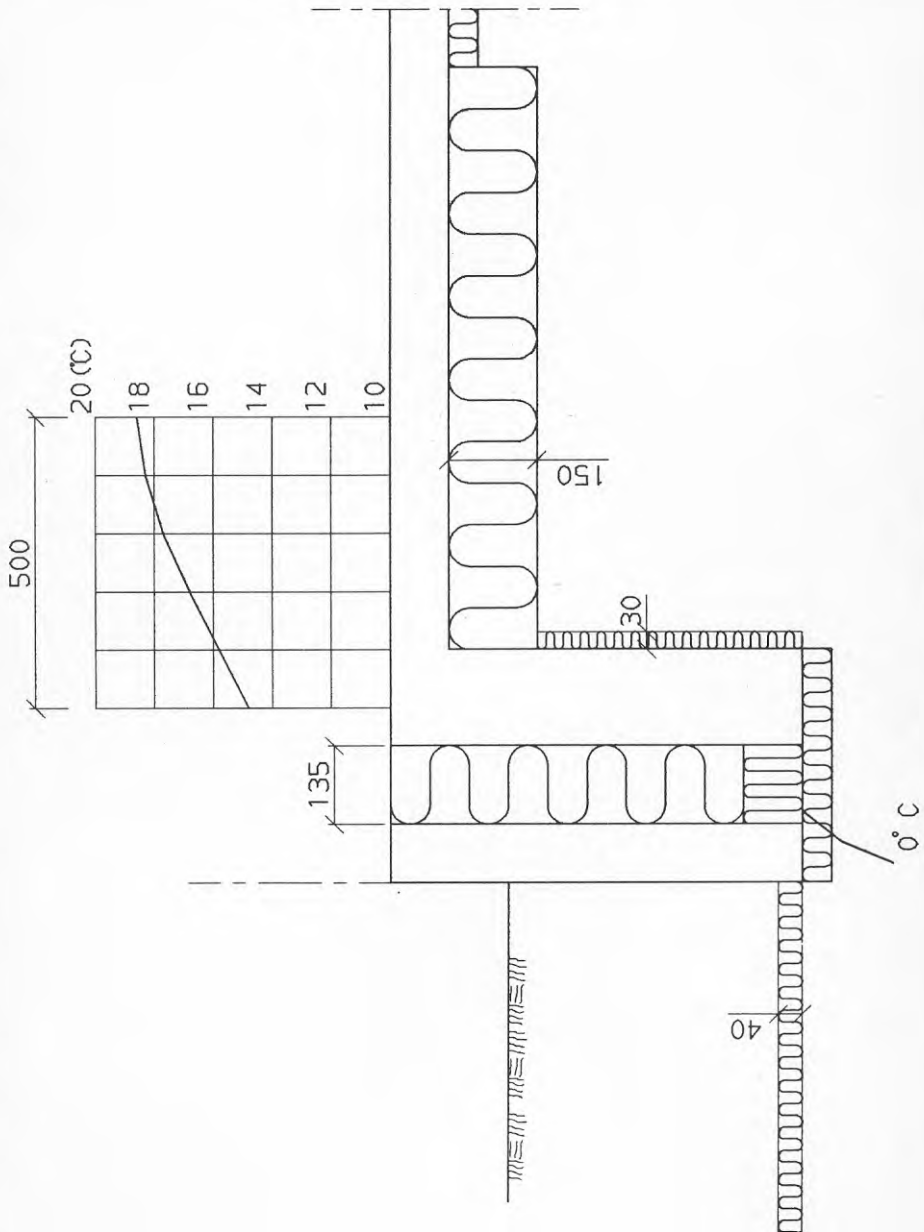
Golvtemperatur vid samma isoleringsmängd som SBN-grund, omförde-  
lad och med bruten köldbrygga och tilläggsisolering i underkant  
kantbalk.



Figur 12.14

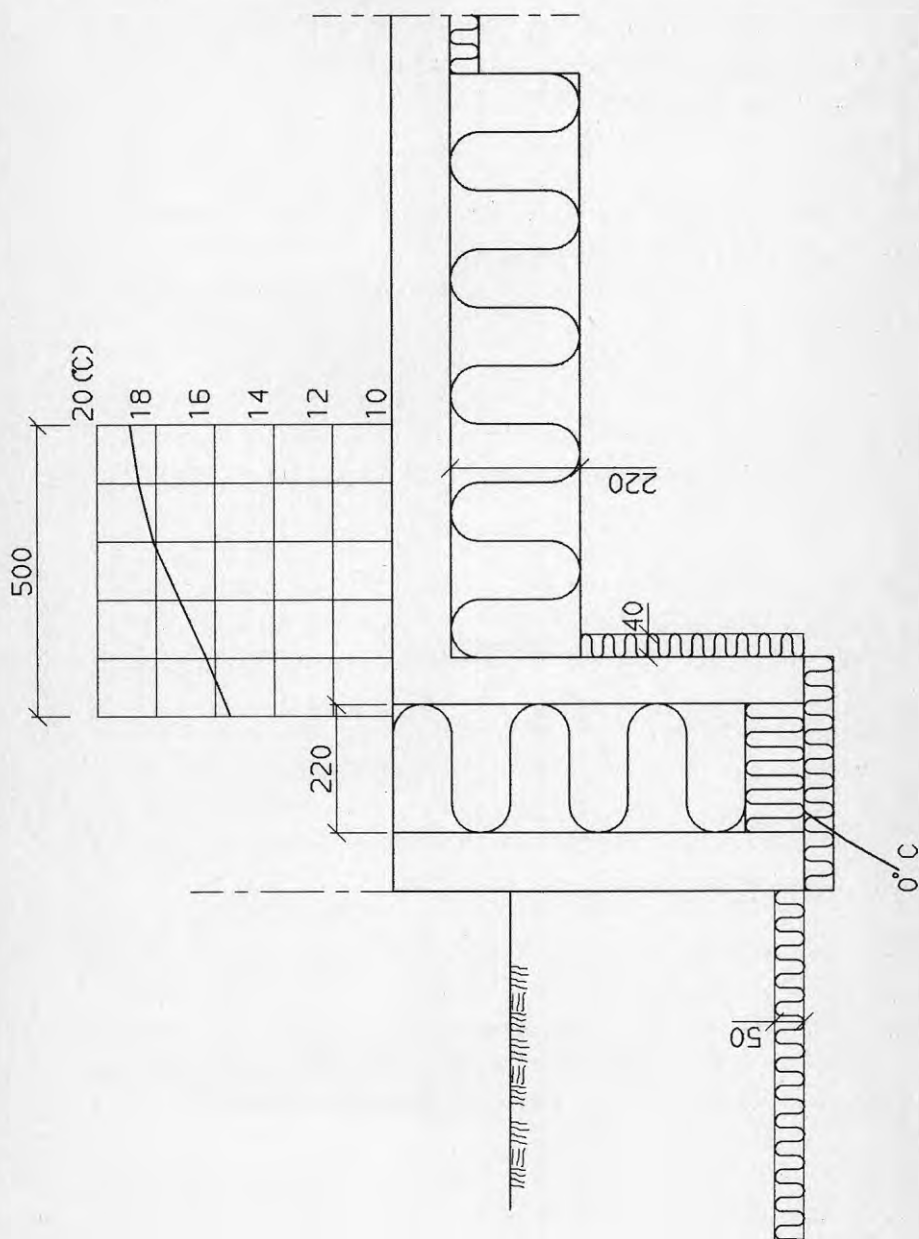


Golvtemperatur vid isoleringsmängd 1.5 x SBN-grund, omfördelad och med bruten köldbrygga och tilläggsisolering i underkant kantbalk.



Figur 12.15

Golvtemperatur vid isoleringsmängd 2.25 x SBN-grund, omfördelad och med bruten köldbrygga och tilläggsisolering i underkant kantbalk.



Figur 12.16

### 13. DISKUSSION

Den optimering av isoleringsmängderna som genomförts ovan har ej drivits så långt att man kan hävda att absolut minimum nåtts. Det resultat som framkommit är beroende på i vilken ordning variationerna genomförts på de olika isoleringspartierna och det skulle därmed sannolikt se något annorlunda ut om man börjat på annat sätt.

De förbättringar som redovisats skulle alltså ha blivit ännu större om det i denna utredning funnits ekonomiskt utrymme för den mycket stora mängd databehandlingar som krävts för att räkna in alla varianter.

Ett mera korrekt alternativ till den primitiva teknik som användes här består i att systematiskt undersöka temperaturvariationen i inlagda isoleringspartier och justera mängderna med hänsyn till dessa.

Vid en sådan metodik skulle det också bli förhållandevis enkelt att ta hänsyn till varierande egenskaper och kostnader i olika isoleringspartier.

Tyvär krävs för ett sådant förfaringssätt en betydande datorprogramutveckling som ligger utanför detta projekt.

Trots dessa begränsningar kan man dra en del värdefulla praktiska slutsatser av projektet.

För det första kan man spara ungefär 8 kWh/löpm. sockel och år genom att enbart omfördela värmeisoleringen i en SBN 80 grund. Denna omfördelning består huvudsakligen i en förflyttning av isoleringar från yttre randfält till sockelns kärna samt en mindre del till markisolering och isolering på sockelns baksida.

Genom denna omfördelning kan man också påräkna en förhöjning av golvtemperaturen närmast yttervägg på ca 1,5°C vid en utomhus-temperatur av - 10°C.

Av projektet framgår också att man kan spara ytterligare ca 4 resp. 8 kWh/år genom att öka isoleringsmängden enligt SBN 80 från 0.178 m<sup>3</sup>/m till 0.27 resp. 0.40 m<sup>3</sup>/m.

Detta innebär att man får betala ca 10 resp. 12 kr per sparad kWh under byggnadens livslängd.

Detta torde vara en tveksam investering om den motiveras enbart av dessa sparade kWh genom grundkonstruktionen. Men beaktas inverkan av förhöjd golvtemperatur blir isoleringsökningar betydligt mera intressant.

Man bör notera att dessa isoleringsökningar i första hand bör förläggas i yttre randzonen och i sockelns kärna och endast till en mindre del i mark och på sockelns baksida. Markisoleringsökningen är dock väsentlig för att nollgradienten ej skall få ett sämre läge än i utgångsversionen enligt SBN 80.

Betydligt större effekt av kompletterande isolering får man emellertid om denna placeras så att köldbryggan bryts. Några olika varianter av detta har undersökts och det klart bästa har visat sig vara att bryta köldbryggan strax under betonggolvet.

Detta är mycket anmärkningsvärt eftersom det är tvärtemot dagens praxis som ju består i en helt obruten kontakt mellan betonggolvet och kantbalk.

I dag tillämpas alltså allmänt principen att pytsa i betong överallt i kontakt mellan grund och stomme där det inte är helt orimligt att avstå från värmeisolering. Det borde naturligtvis i stället vara så att man lade in värmeisolering överallt där det är möjligt att avstå från betong och stål.

Genom denna princip kan man normalt genom en investering av ca 1 kr spara en kWh varje år under byggnadens livslängd. Dessutom kan man räkna med att golvet intill yttervägg blir ca 4°C varmare vintertid än vid SBN 80 lösningar. Men man får inte glömma att lite markisolering normalt krävs.

Denna isoleringsinsats leder också till väsentligt minskad risk för fuktskador kanske främst genom att behovet av riskabel värmeisolering ovanpå betongplattan reduceras. Men ökad värmeisolering under plattan leder också till ett ökat temperaturfall i denna isolering vilket minskar risken för fuktdiffusion i fel riktning.

Även kapillärsugningskapaciteten reduceras i hög grad av att betong till stor del utbytes mot kapillärbrytande värmeisolering.

Dessutom inverkar markisoleringen gynnsamt på dräneringssystemet genom att det fungerar både som filter och kontinuerligt dräneringsskikt. Den minskar också risken för att dräneringsledningen kommer på fel sida om nollgradienten så att den fryser.

Allt detta är mer än tillräckligt för att satsa på justering och komplettering av markisolering enligt dessa principer även om eventuella tilläggskostnader måste täckas med lån på öppna marknaden. Men det skulle vara bättre och riktigare om myndigheterna i lånesynpunkt värderade energibesparingar i grunden lika högt som i väggar och bjälklag.

De erhållna resultaten kan även utnyttjas vid förändrade kostnader och isoleringsegenskaper i isoleringen. De framräknade isoleringstjocklekarna bör härvid multipliceras med  $\sqrt{\frac{\lambda_0 \cdot P_0}{\lambda_1 \cdot P_1}}$  där  $\lambda_0$  och  $P_0$  är isolerförmåga och kostnader för isoleringen i denna undersökning medan  $\lambda_1$  och  $P_1$  är motsvarande värden för annan isoleringstyp. Det ekonomiska utfallet av åtgärder kan härefter också approximativt erhållas genom att det värde som framräknats i denna undersökning multipliceras med samma faktor.

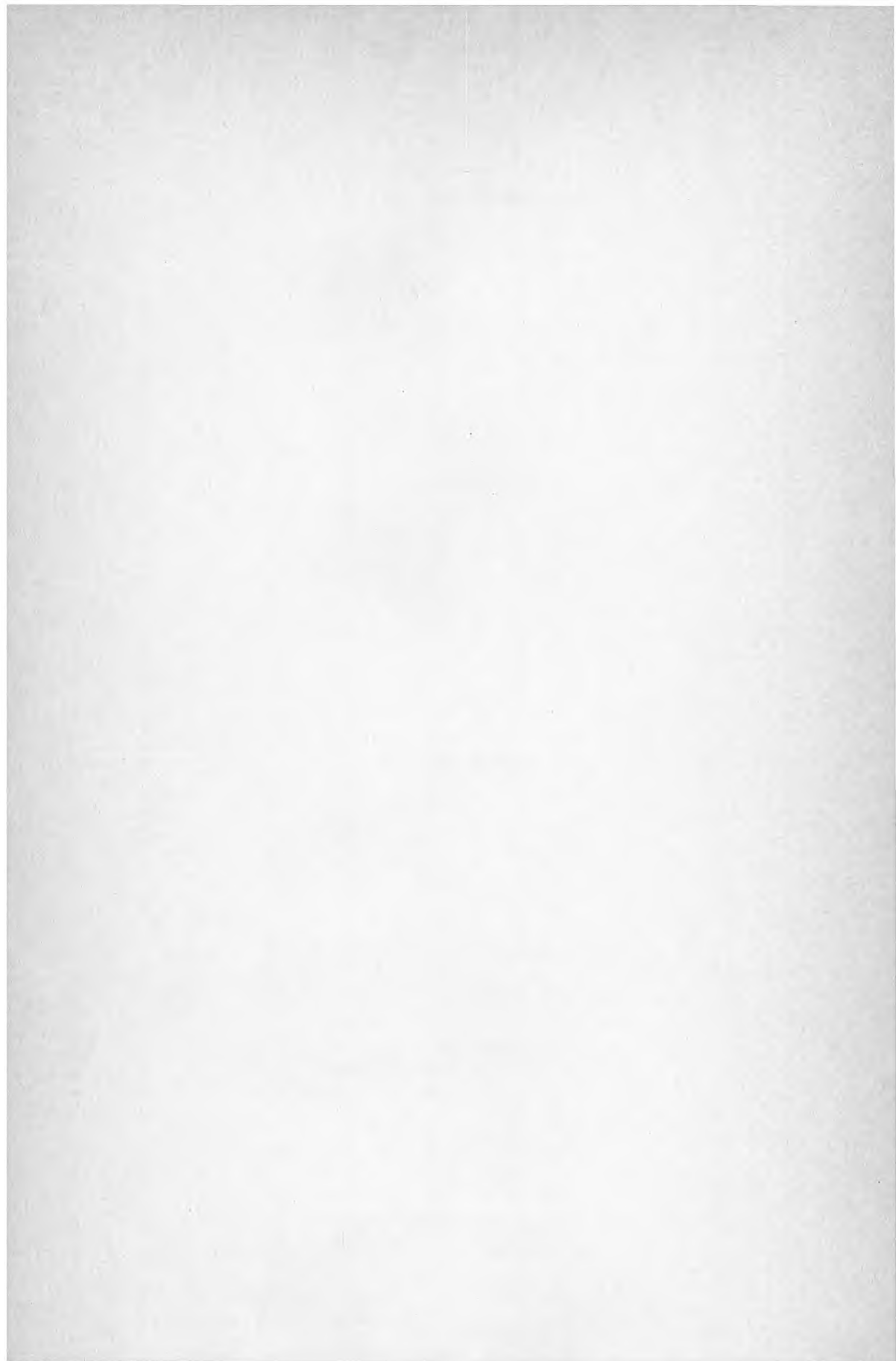
Man måste dock se till att inga kritiska värden på golvtemperatur eller nollgradienten passeras vid dessa förändrade förutsättningar.

Vid väsentliga förändringar i sockelns geometri är det dock ej längre tillrådligt att direkt utgå från framräknade isoleringstjocklekar. Däremot torde principen att i största möjliga utsträckning avbryta betong med isolering i kontaktytan mellan kall grund och varm stomme alltid vara en sund utgångsförutsättning vid varje kalkyl som gäller frågan om värmeisolering i grundkonstruktioner.

## 14 REFERENSER

- (1) Axelsson, K, Fröier, M och Loyd, D: FEMTEMP II, Chalmers Tekniska Högskola, institutionen för byggnadsstatik, publikation 75:2, Göteborg 1975.
- (2) Bäckström, H: Energiförluster för grundkonstruktioner i småhus. Byggforskningen, Rapport 32:1980, Stockholm 1979.
- (3) Adamson, B: Bjälklag på jord - värmeisolering och golvtemperatur. Byggforskningen, Rapport 41:1973, Stockholm 1973.
- (4) Adamson, B, Claesson, J, och Eftring, B: Bjälklag på jord grundläggningsdjup. Byggforskningen, Rapport 40:1973, Stockholm 1973.
- (5) Sjölund, J: Värmeisoleringsekonomi III. Byggforskningen, Stockholm 1983.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800882-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till Arne Johnson  
Ingenjörbyrå AB, Stockholm.**

**R10: 1985**

**ISBN 91-540-4322-0**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6705010**

**Abonnemangsgrupp:  
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 30 kr exkl moms**