



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

R34:1989

Köldbryggor i byggnadskonstruktioner

Beräkning av värmegenomgångs- koefficient och yttemperatur

**Gudni Johannesson
Margareta Andersson**

**R
9/11**

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac **Ser**

Byggeforskningsrådet

R34:1989

KÖLDBRYGGOR I BYGGNADSKONSTRUKTIONER

Beräkning av värmegenomgångskoefficient
och yttemperatur

Gudni Johannesson
Margareta Andersson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
860250-0 från Statens Råd för Byggnadsforskning
till Byggstandardiseringen, Stockholm

REFERAT

Kraven på värmeisolering i byggnader har skärpts och isolertjocklekarna har därigenom ökat. Köldbryggornas inverkan har därigenom relativt sett fått större betydelse.

Syftet med projektet har varit att ta fram underlag för en metod för beräkning av värmeförluster genom köldbryggor och för bedömning av risken för ytkondens.

I stället för att ange en speciell metod föreslås att slutresultatet av beräkningar säkerställs genom att de viktigaste antagandena och förutsättningarna standardiseras. Alla datoriserade metoder som uppfyller dessa krav skall kunna användas.

Huvudvikten bör läggas på val av materialdata och andra beräkningsförutsättningar samt presentation av resultaten. I bilagan till rapporten visas hur en standard på detta område skulle kunna vara utformad. I bilagan beskrivs också en förenklad beräkningsmetodik enligt vilken konstruktionen delas upp i ett antal enkla geometriska konstruktioner genom vilka värmeflödet kan bestämmas. Med hjälp av tolv redovisade sådana så kallade elementarfallen kan de flesta köldbryggor beräknas.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R34:1989

ISBN 91-540-5030-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989

INNEHÅLL

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	4
FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	6
1 INLEDNING	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	8
2 INTERNATIONELLT STANDARDISERINGSARBETE	10
3 REFERENSGRUPP.....	12
3.1 Allmänt	12
3.2 Pedagogik - Datorisering	13
3.3 Noggrannhet	13
3.4 Elementarfall	14
3.5 Tillämpningsexempel	14
3.6 Val av beräkningsmetoder	15
4 LITTERATURGENOMGÅNG	18
5 BERÄKNINGSEXEMPEL	19
5.1 Vägg- och bjälklagsanslutning, balkong	19
5.2 Hörnkonstruktion	22
LITTERATUR	25
BILAGA - Utkast till svensk standard	

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

A	= area	m^2
B	= bredd, huvudmått	m
b	= bredd, delmått	m
D	= diameter	m
d	= tjocklek	m
E	= yttemperaturförhållandet	-
H	= höjd, huvudmått	m
h	= höjd, delmått	m
h	= värmeövergångskoefficient	$W/(m^2 \cdot K)$
L	= längd, huvudmått	m
l	= längd, delmått	m
q	= värmeflödestäthet	W/m^2
R	= värmemotstånd, värmeisolans	$m^2 \cdot K/W$
R_{Σ}	= globalt värmemotstånd (mellan två godtyckliga konfigurationer)	K/W
R_1	= linjärt värmemotstånd	$m \cdot K/W$
R_{Σ}	= tilläggs- motstånd (tänkt värmemotstånd på konstruktionens insida t ex beklädnads-skiva eller värmeisolerande tapet)	$m^2 \cdot K/W$
r	= radie	m
T	= termodynamisk temperatur	K
U	= värmegenomgångskoefficient	$W/(m^2 \cdot K)$
β	= beräkningskonstant $h/(\lambda \cdot d)$	$1/m$
θ	= celsiustemperatur	$^{\circ}C$
Φ	= värme flöde	W
Λ_{Σ}	= global värmekonduktans	W/K
Λ_1	= linjär värmegenomgångskoefficient	$W/(m \cdot K)$
λ	= värmekonduktivitet, värmeledningsförmåga	$W/(m \cdot K)$

Index

b	= köldbrygga
e	= utsida
g	= global
i	= insida
k	= summationsindex
l	= linjär
min	= minimum
s	= tillägg
si	= inneryta

De storheter som används definieras i SS 02 42 01,
Värmeisolering - Fysikaliska storheter - Terminologi

FÖRORD

Det är vår förhoppning att denna rapport skall kunna ligga till grund för standard i såväl Sverige som Europa. Den kommer därför att föreläggas BSTs tekniska kommitté, TK 42, Värmeisolering, för fortsatt bearbetning och förankring.

Vi vill tacka referensgruppens medlemmar

Gunnar Anderlind, Gullfiber AB
K G Bernander, AB Strängbetong
Clarence Hector, Boverket
Bertil Mattsson, KTH, Byggnadsfysik
Peter Staelens, Statens provningsanstalt
Hans Vinberg, Korrugal AB

för värdefulla synpunkter av såväl teoretisk som praktisk art.

Vi vill också rikta ett speciellt tack till Inger Jonsson, BST, som renskrivit rapporten med alla dess formler.

Stockholm i augusti 1988

Författarna

SAMMANFATTNING

Kraven på värmeisolering i byggnader har skärpts och isolertjocklekarna har därmed ökat. Köldbryggornas inverkan har vid ökade isolertjocklekar relativt sett fått större betydelse. Lättillgängliga beräkningsregler saknas dock. En annan konsekvens av köldbryggor är risken för ytkondens på varma sidan av en byggnadskonstruktion. För att kunna förutse och minimera risken för ytkondens behövs en metod för beräkning av lägsta yttemperatur på insidan av en isolerad byggnadskonstruktion.

Syftet med projektet har varit att ta fram underlag för en metod för beräkning av värmeförluster genom köldbryggor och för bedömning av risken för ytkondens. Metoden borde inte kräva större arbetsinsats än 5-10 minuter, onoggrannheten borde vara mindre än 5 % och metoden borde vara pedagogiskt utplagd.

För att förbereda och påbörja förankringen av kommande metod för beräkning av värmeförluster genom köldbryggor tillsattes en referensgrupp för projektet med representanter för byggbranschens olika parter.

Vid användning av SS 02 42 30 hade man funnit att standardiserade metoder behövs för

- beräkning av yttemperatur (kondensrisk)
- beräkning av luftspalter
- beräkning av korsande balkar
- beräkning av träkonstruktioner och tunga konstruktioner i kombination av plåt.

Referensgruppen ansåg att i stället för att föreslå en speciell beräkningsmetod borde slutresultatet av beräkningar säkerställas genom att de viktigaste antagandena och förutsättningarna standardiseras. Alla datoriserade metoder som uppfyller dessa krav kan sedan användas. Alternativt skulle den förenklade beräkningsmodellen, som föreslås ingå i standarden, kunna användas.

Standardisering av ett dataprogram har således inte varit aktuell. Utvecklingen inom persondatorområdet samt det varierande utbudet av datorer och styrsystem gör det svårt att fastställa ett visst program. Huvudvikten har i stället lagts vid val av materialdata och andra beräkningsförutsättningar samt presentation av resultaten. Detta med syftet att olika användare skall kunna erhålla jämförbara resultat. I standardförslaget har man även lagt in ett standardfall mot vilket dataprogram kan testas.

En förutsättning för ett acceptabelt beräkningsresultat är att de data som används i beräkningarna är korrekta varför materialdata från olika källor sammanställts.

Den förenklade beräkningsmetodiken som utvecklats är baserad på att konstruktionen delas upp i ett antal enkla geometriska konstruktioner genom vilka värmeflödet kan bestämmas. I bilagan till denna rapport visas tolv sådana så kallade elementarfall. Med hjälp av dessa kan de flesta köldbryggor beräknas.

I ett par exempel visas hur elementarfallen tillämpas på några vanliga typer av köldbryggor.

Den förenklade beräkningsprocedur som ges i standarden har beskrivits och studerats i några skrifter. Generellt så har dessa olika författare kommit fram till att för de konstruktionstyper där metodiken är tillämpbar uppnås en tillräcklig noggrannhet i beräkningsresultaten.

I rapporten presenteras också i korthet projekten avseende köldbryggor inom ISO/TC 163, Thermal insulation, respektive CEN/TC 89, Thermal performance of buildings and building components. Framför allt för att kunna användas inom det högaktuella CEN-arbetet har bilagan till rapporten översatts till engelska.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Kraven på värmeisolering i byggnader har skärpts och isolertjocklekarna har därmed ökat. Att öka isolertjockleken är dock inte tillräckligt för att uppnå optimal energibesparing. Utformningen av köldbryggor har stor betydelse men kraven på denna, klimatskalets svagaste punkt, har släpat efter. Detta har till stor del berott de svårigheter som normgivande myndigheter, konsulter m fl ställs inför när värmeförlusterna genom köldbryggorna skall bestämmas kvantitativt. Lättillgängliga beräkningsregler har saknats och att specificera kraven med hänsyn till databeräkningar är närmast en omöjlighet.

I Svensk byggnorm (SBN 1980, utgåva 2) säger man i kapitlet angående bestämning av värmeisolerförmåga hos byggnadsdelar och konstruktioner att inverkan av köldbryggor vid vägg- och bjälklagsanslutningar, balkonger o d inte behöver medräknas vid bestämning av värmeväxlingskoefficienten men att denna inverkan skall beaktas vid den konstruktiva utformningen samt att den också förutsätts bli beaktad vid beräkningar av väreffektbehovet. Någon metod för beräkning av köldbryggornas inverkan redovisas dock inte. Detsamma gäller förslaget till Nybyggnadsregler (juni 1988) där det sägs att köldbryggor vid vägg- och bjälklagsanslutningar, balkonger, kantbalkar o d skall beaktas såväl vid värmeisoleringens anordnande som vid den konstruktiva utformningen samt vid effektbehovsberäkning.

Köldbryggornas inverkan har vid ökade isolertjocklekar relativt sett fått större betydelse. Problemet accentuerades när konstruktioner med metalliska genomföringar blev allt mer vanliga. Vid avdelningen för byggnadsteknik på LTH utvecklades en beräkningsmetodik för sådana konstruktioner. Den publicerades i en forskningsrapport 1981, sedan i en informationsskrift från Swedisol och fastställdes efter ytterligare bearbetning som svensk standard (SS 02 42 30) 1983. Erfarenheterna av metoden är goda och den används regelbundet av vissa företag. Den har även använts vid kontakter med andra länder där köldbryggornas inverkan ofta försummas.

En annan konsekvens av köldbryggor är risken för ytkondens på varma sidan av en byggnadskonstruktion. Ytkondensen kan leda till missfärgningar och mögelbildning. För att kunna förutse och minimera risken för ytkondens behövs en metod för beräkning av lägsta ytemperatur på insidan av en isolerad byggnadskonstruktion som innehåller en köldbrygga.

1.2 Syfte

Syftet med projektet har således varit att ta fram underlag för en metod för beräkning av värmeförluster genom köldbryggor och för bedömning av risken för ytkondens. Att beräkna en normal köldbrygga borde inte kräva större arbetsinsats än 5-10 minuter med hjälp av en programmerbar räknedosa. Onoggrannheten i den beräknade värmeförlusten borde vara mindre än 5 %. Önskvärt vore

också att metoden är pedagogiskt upplagd så att användaren får en god uppfattning om orsakssammanhangen och hur konstruktionen kan förbättras.

Innan en sådan metod föreslås som standard måste också dess användbarhet testas och synpunkter från folk i branschen inhämtas.

2 INTERNATIONELLT STANDARDISERINGSARBETE

Förutom att få underlag för en svensk standard för beräkning av köldbryggor var målsättningen då projektet startades att presentera resultatet inom ISO/TC 163, Thermal insulation. Inom denna ISO-kommitté har sedan 1977 funnits en arbetsgrupp (ISO/TC 163/SC 2/WG 1, Thermal bridges) som har haft till uppgift att utarbeta förslag till internationella standarder för beräkning av köldbryggor. Som ett resultat av arbetsgruppens arbete publicerades 1986 en internationell standard för beräkning av rektangulära köldbryggor i plana konstruktioner (ISO 6946/2-1986, Thermal insulation - Calculation methods - Part 2: Thermal bridges of rectangular sections in plane structures). ISO-standarden har inte överförts till svensk standard eftersom den typ av köldbryggor som behandlas är sällan förekommande i svenska konstruktioner.

I ISO-arbetsgruppen har man diskuterat möjligheten att komma fram till en användbar generell metod för beräkning av köldbryggor i vanliga byggnadskonstruktioner. Gruppen har behandlat ett metodförslag som bygger på samma principer som metoden för plåtkonstruktioner (SS 02 42 30). Gruppen fann metoden, som tagits fram vid LTH, lämplig för standardisering med hänsyn till dess enkelhet och noggrannhet. Metodförslaget behandlades vidare på universitetet i Lund och Delft. Resultaten var mycket lovande men innan metoden kunde föras fram som förslag till standard, såväl inom Sverige som internationellt, måste ytterligare utredningsarbete göras, vilket gjorts inom ramen för detta projekt.

Sedan projektet startades har EGs strävan att genomföra gemensamma marknaden till 1992 gjort att CEN-arbetet fått ökad aktualitet. Den västeuropeiska standardiseringsorganisationen CEN har återupplivat två befintliga kommittéer på värmeisoleringsområdet; CEN/TC 88, Insulating materials and products, och CEN/TC 89, Thermal performance of buildings and building components.

Frågan om beräkning av köldbryggor och ytkondens faller inom TC 89s ansvarsområde. Vid kommitténs första möte i februari 1988 tillsattes också en arbetsgrupp för beräkning av köldbryggor och ytkondens. Nederländerna åtog sig sekretariatsansvaret för gruppen och försöker finna en ordförande. Sverige har anmält en expert (Gunnar Anderlind, Gullfiber AB) till gruppen, som håller sitt första möte i oktober 1988. Avsikten är att presentera resultatet från detta projekt för gruppen vid detta möte.

Beträffande CEN-arbetet kan i korthet nämnas att CENS medlemmar är de nationella standardiseringsorganen i EG- och EFTA-länderna, som där deltar på lika villkor. Sekretariatet för CENS olika tekniska kommittéer är fördelade bland medlemsländerna. Sekretariatet för CEN/TC 88 innehavs av Västtyskland medan ansvaret för CEN/TC 89 anförtröts Sverige (BST). Sverige har också ansvaret för samordningen mellan de båda kommittéerna.

Resultatet av CEN-arbete presenteras normalt som Europa-standarder (EN). Enligt CENS regler är de nationella standardiseringsorganen skyldiga att införa fastställd EN som nationell standard, normalt inom sex månader. Detta gäller även om man röstat nej. Dock finns en undantagsregel - de nationella standardiseringsorganen är inte skyldiga och kan heller inte fastställa standard som strider mot nationell lagstiftning och nationella myndighetskrav.

3 REFERENSGRUPP

3.1 Allmänt

För att förbereda och påbörja förankringen av kommande metod för beräkning av värmeförluster genom köldbryggor tillsattes en referensgrupp för projektet. Målsättningen var att gruppen skulle representera byggbranschens olika parter och intressenter. Gruppen har haft följande sammansättning.

- Gudni Johannesson, ordförande
- Gunnar Anderlind, Gullfiber AB
- K G Bernander, AB Strängbetong
- Clarence Hector, Boverket
- Bertil Mattsson, KTH, Byggnadsfysik
- Peter Staelens, Statens provningsanstalt
- Hans Vinberg, Korrugal AB
- Margareta Andersson, BST, projektledare

Referensgruppen har träffats fyra gånger för att diskutera vad en kommande beräkningsmetod bör innehålla och hur den bör vara uppbyggd.

För att skapa en god plattform för det aktuella projektet diskuterade referensgruppen vid sitt första möte erfarenheter av SS 02 42 30, Värmeisolering - Plåtkonstruktioner med köldbryggor - Beräkning av värmegenomgångskoefficient. Till exempel använde Korrugal standarden 2-3 gånger/månad för att bli kontrollera olika konstruktionstyper. Standarden hade också visat sig användbar vid kontakter med andra länder, där U-värden för konstruktioner ofta anges utan hänsyn till köldbryggor. Vid användning av SS 02 42 30 hade man funnit att standardiserade metoder behövs för

- beräkning av yttemperatur (kondensrisk)
- beräkning av luftspalter
- beräkning av korsande balkar
- beräkning av träkonstruktioner och tunga konstruktioner i kombination med plåt.

Flera av referensgruppens ledamöter underströk vikten av att beräkningsmetoden inte fick bli för komplicerad och att den samtidigt skulle vara pedagogisk. Det är av stor vikt att användaren förstår metodiken för att på rätt sätt kunna vidta åtgärder eller ändringar i en konstruktion. För att nå detta mål måste beräkningsmetoden på ett pedagogiskt sätt visa hur man går till väga och vilken innebörd olika steg har. Såväl handräkningsmetod som datormetod var av intresse.

Enighet rådde om behovet av metoder för beräkning av andra typer av köldbryggor än de som redovisas i SS 02 42 30. Från Planverkets sida var man också intresserad av att kunna hänvisa till en sådan standard. Referensgruppen var av den uppfattningen att det bästa sättet att komma vidare mot målet var att föra diskussionen kring ett utkast till metod för beräkning av såväl värmeförluster som yttemperaturer för alla typer av köldbryggor. För att inte komplicera bilden alltför mycket beslöt man att

exkludera inverkan av fukt och luftläckage samt oavsiktliga luftspalter. Däremot borde icke ventilerade och avsiktliga luftspalter ingå i projektet. Om möjligt borde metoden av pedagogiska skäl också kunna användas för beräkna effekterna av ofullkomliga konstruktioner eller bristande arbetsutförande samt effekterna av till exempel en pelare som minskar isolertjockleken.

De fortsatta diskussionerna i referensgruppen har sammanfattats under fem rubriker. Se nedan. En sammanfattning av referensgruppens slutrekommendation beträffande en eventuell kommande standard för beräkning av köldbryggor i byggnadskonstruktioner ges i kapitel 3.7.

3.2 Pedagogik - datorisering

En handräkningsmetod kan många gånger göras mera pedagogisk än ett dataprogram. Bl a av det skälet hade det varit önskvärt att utarbeta och redovisa en handräkningsmetod för beräkning av köldbryggor. Å andra sidan kommer med största sannolikhet de som regelbundet gör sådana beräkningar att använda någon form av datorhjälp.

För- och nackdelarna med olika metoder har diskuterats inom referensgruppen; från att i detalj redovisa en handräkningsmetod till att standardisera dataprogram och sälja disketter. Resultatet blev en kompromiss som också bedöms vara utvecklingsbefrämjande. I stället för att föreslå en speciell beräkningsmetod bör slutresultatet av beräkningar säkerställas genom att de viktigaste antagandena och förutsättningarna standardiseras. Alla datoriserade metoder som uppfyller dessa krav kan sedan användas. Alternativt kan den förenklade beräkningsmodellen baserad på elementarfallen, som föreslås ingå i standarden, användas.

3.3 Noggrannhet

Önskemålet om att på något sätt ange uppskattad noggrannhet hos beräkningarna framfördes på ett tidigt stadium i referensgruppen.

Det har inte varit möjligt - att inom projektets ram - utarbeta någon generell metod för bedömning av olika beräkningsmetoders noggrannhet. I stället har ett "standardfall" för testning av dataprogram tagits fram. Alla dataprogram som ger värden som inte avviker mer än 5 % från standardfallet för köldbryggans värmekonduktans och yttemperaturförhållandet kan användas.

Beträffande den förenklade beräkningsmetodiken har man bedömt att resultaten i tillämpningsexemplen inte avviker mer än 10 % från resultatet av en noggrann datorberäkning.

3.4 Elementarfall

Liksom standarden för beräkning av köldbryggor i plåtkonstruktioner (SS 02 42 30) är den förenklade beräkningsmetodik som utvecklats baserad på att konstruktionen delas upp i ett antal enkla geometriska konstruktioner genom vilka värmeflödet kan bestämmas. Den i bilagan till denna rapport föreslagna standarden upptar tolv sådana så kallade elementarfall.

Med hjälp av dessa tolv elementarfall kan de flesta, idag vanliga typer av köldbryggor beräknas. Om det skulle visa sig att andra elementarfall behövs, kan kompletterande elementarfall tas fram med hjälp av dataprogram. Detta kan till exempel vara aktuellt för en tillverkare som vill lansera en ny typ av konstruktion.

3.5 Tillämpningsexempel

För att visa hur elementarfallen tillämpas på några vanliga typer av köldbryggor har ett par beräkningsexempel tagits fram. Valet har där stått mellan att behandla flera exempel mera övergripande eller ge ett par exempel som redovisas klart och tydligt.

Den senare varianten förordas och de exempel som nu ges gäller vägg- och bjälkanslutningar (balkonger) och ett isolerat vagghörn utan särskild köldbrygga. I förenklade ritningar av konstruktionerna har värmeflödets strömningsvägar lagts in. Likaså har de olika elementarfallen angivits. Se vidare kapitel 5. I utkastet till standard ges beräkningsproceduren i form av ett enkelt BASIC dataprogram. Dessa program är dock bara exempel vilka kan anpassas och kompletteras av enskilda användare.

3.6 Materialdata

En förutsättning för ett acceptabelt beräkningsresultat är att de data som används i beräkningarna är korrekta. I de fall det finns väl dokumenterade uppmätta materialdata kan naturligtvis dessa användas vid beräkningarna men i normalfallet används tabellvärden.

Inom projektet har materialdata från olika källor sammanställts. En del har hämtats från SS 02 42 30 och ISO 6946/1. Andra har bearbetats utifrån Kommentarsamling 1985 till Svensk byggnorm. Dessa data föreslås ingå i en kommande standard. Se utkastet som bifogas denna rapport.

3.7 Standard

Sammanfattningsvis ansåg referensgruppen att en eventuell kommande standard för beräkning av köldbryggor borde ge ramarna för beräkningen oberoende av beräkningsmetod. En sådan standard borde innehålla:

- * beräkningsprinciperna
- * elementarfallen
- * materialdata

Den förenklade beräkningsmetodiken borde ges som en möjlighet och redovisas i form av exempel på beräkningar på några vanliga konstruktioner, till exempel vägg- och bjälklagsanslutningar och vägghörn.

Utkastet till standard i bilagan till denna rapport följer ovan angivna principer.

Referensgruppen föreslår att standardförslaget överlämnas till BSTs kommitté för värmeisoleringsfrågor (BST/TK 42, Värmeisolering) för eventuell vidare bearbetning och remissbehandling. Det är också gruppens förhoppning att standardförslaget skall presenteras som underlag i arbetet i CEN/TC 89, Thermal performance of buildings and building components och ISO/TC 163, Thermal insulation.

TK 42, Värmeisolering, som hållits informerade om projektet, har visat stort intresse för resultatet och understrukit behovet av en standard på detta område. Kommittén har också utsett referensgruppen till sin arbetsgrupp för det påföljande standardiseringsarbetet. Gruppen kommer då också att fungera som referensgrupp för motsvarande projekt inom CEN och ISO. CEN-arbetet kommer därvid att prioriteras. ISO-arbetsgruppens framtid är av resursskäl osäker.

Med tanke på det internationella arbetet har förslaget till standard i bilagan till denna rapport översatts till engelska.

3.8 Val av beräkningsmetoder

Ett relativt stort antal program som kan lösa två- och tredimensionella temperaturfält för godtyckliga geometrier, randvillkor och materialkombinationer finns, fast tillgängligheten kan variera. Anderlind (1988) har skrivit ett program för PC-datorer som klarar tvådimensionella värmeinflödesproblem, är användarvänligt och lämpar sig för beräkning av vanligen förekommande köldbryggor. Vid de flesta större datacentralerna finns avancerade dataprogram som klarar tredimensionella värmeinflödesberäkningar.

Som regel ger de allra flesta dataprogrammen tillräcklig noggrannhet för beräkning av värmegenomgång genom köldbryggor. I vissa fall kan det bli obehagliga numeriska effekter som kan resultera i felberäkning eller i att stabilt resultat inte erhålls. Vanligen uppstår sådana problem när uppdelningen av konstruktioner ger långsmala element.

Erfarenhetsmässigt är finita differensprogram som bygger på interaktiva processer för att få fram temperaturfältet mindre känsligt för sådana effekter än program som bygger på uppdelning av modellen i finita element och matrisinvertering. Den förstnämnda programtypen ger fel först när två tunna materialelement med hög värmekonduktivitet ligger sida vid sida, t ex två stålplåtar. En viktig åtgärd för att upptäcka sådana fel har lagts in i standardförslaget där det krävs att man för datorberäkningar redovisar såväl ingående som utgående värmefflöde. I vissa fall kan handräkningsmetoden utgöra ett nödvändigt instrument för kontroll av datorberäkningarnas rimlighet.

Standardisering av ett dataprogram har inte varit aktuell. Utvecklingen inom persondatorområdet samt det varierande utbudet av datorer och styrsystem gör det svårt att fastställa ett visst program. Dessutom ligger onoggrannheten hos ett riktigt konstruerat beräkningsprogram väl inom de gränser som i praktiken krävs för att karakterisera en köldbrygga. Risken för fel genereras som regel av användarens sätt att modellera sitt problem och val av beräkningsförutsättningar.

I standardförslaget har därför huvudvikten lagts vid val av materialdata och andra beräkningsförutsättningar samt presentation av resultaten. Detta med syftet att olika användare skall kunna erhålla jämförbara resultat. I standardförslaget har man även lagt in ett standardfall mot vilket dataprogram kan testas, dels för att programmets tillförlitlighet skall kunna testas, dels för att användaren skall kunna kontrollera sitt sätt att modellera en köldbrygga och presentera beräkningsresultaten.

Standardförslaget öppnar möjligheten att använda dels en förenklad handräkningsmetod, för vissa typfall, dels datorberäkningar. (Men även handräkningsmetoden görs lämpligen med hjälp av dator och ges i standardutkastet i form av ett dataprogram.)

Meningen är att dessa metoder skall användas i kombination. Elementarfallen, som den förenklade metoden är baserad på, ger användaren av standarden möjlighet att studera de enskilda strömningsvägarna. Deras betydelse för värmeomgången framgår klart när strömningsvägarna har kopplats ihop till ett resistansnät. Möjligheten finns för en tillverkare att få en viss konstruktionsdel noggrannt beräknad eller provad som ett elementarfall, som sedan kan tillämpas i olika konstruktionslösningar.

En noggrann datorberäkning kan sedan tillämpas för konstruktionslösningar som skall tillämpas i större skala eller där konstruktionstypen avviker från de typfall som ges i standarden. Om en konstruktion som inkluderar köldbryggor inte klarar uppställda krav på lägsta yttemperatur på insidan eller värmekonduktans enligt handräkningsmetoden kan detta kontrolleras med en datorberäkning.

I vissa fall är det önskvärt att jämföra det beräknade värdet mot resultatet från en provning av en konstruktionsdel som innehåller en köldbrygga. I vissa fall har sådana provningsresultat gett stora avvikelser från provade värden särskilt när köldbryggan har ingått som en del av en större konstruktionsdel och där köldbryggans konduktans har bestämts som en restterm efter det att den beräknade värmeförlusten genom konstruktionens homogena del har subtraherats från den totala värmeförlusten. De materialparametrar som används för isoleringsmaterial har diverse påslag som gör att den beräknade värmeförlusten genom en homogen konstruktion kan bli större än den verkliga. I sådana fall är det viktigt att värmeförlusterna genom konstruktionens homogena del också bestäms experimentellt med tillräcklig noggrannhet.

4 LITTERATURGENOMGÅNG

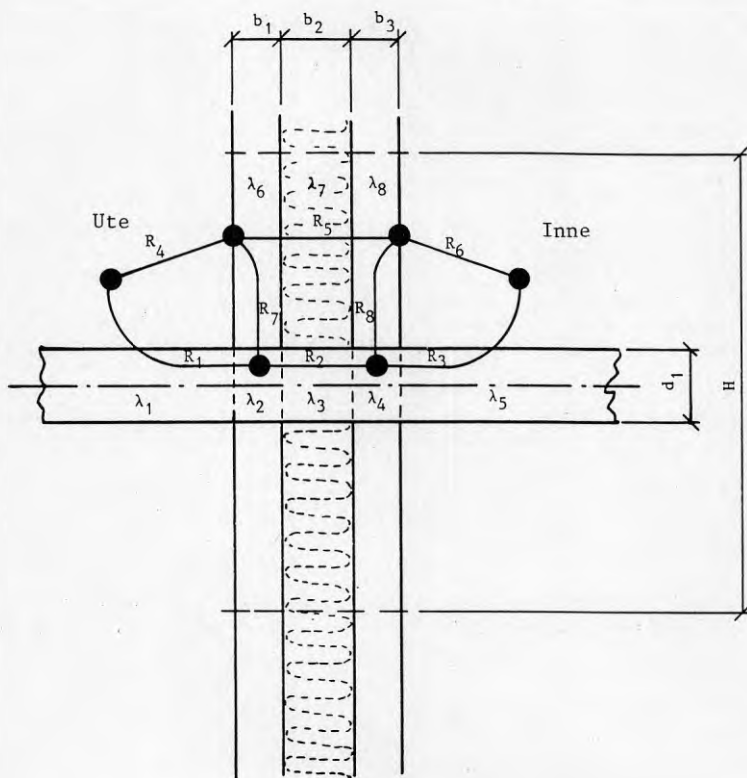
Den förenklade beräkningsprocedur som ges i standarden har beskrivits och studerats i några skrifter. I Johannesson och Åberg (1981) finns metodiken utvecklad för plåtkonstruktioner. Swedisol publicerade samma år en användarvänlig informations-skrift baserad på den förra. Buö m fl publicerade 1981 en rapport som innehöll en annan metodik men som också byggde på fysikalisk delmodellering av köldbryggor. Där finns utförliga redovisningar av det teoretiska underlaget för några av elementarfallen. Metoden för plåtkonstruktioner fastställdes som svensk standard (SS 02 42 30) 1983 och som norsk standard (NS 3034) 1987.

Ett förslag till en metod för att beräkna värmegenomgång i vägg- och bjälklagsanslutningar, som byggde på samma metodik som för plåtkonstruktionerna, presenterades 1982 inom ISO och behandlades i en arbetsrapport av Harderup och Johannesson. En utförlig studie av metoden - teoretisk bakgrund, tillämpningar på olika konstruktionstyper samt beräkningar - finns i en rapport av Staelens (1986). Wöltgens (1986) beskriver en liknande studie. Wöltgens inkluderar i sin studie en del konstruktionstyper från kontinenten som skiljer sig en del från de svenska. Generellt så har dessa olika författare kommit fram till den slutsatsen att för de konstruktionstyper där metodiken är tillämpbar uppnås en tillräcklig noggrannhet i beräkningsresultaten.

5 BERÄKNINGSEXEMPEL

Med hjälp av elementarfallen som redovisas i avsnitt 6.2 i bilagan kan de flesta i vanliga byggnadskonstruktioner förekommande köldbryggor beräknas. Nedan ges formler för beräkning av dels ett bjälklag som genombryter en yttervägg (balkong), dels ett ytterväggshörn.

5.1 Vägg- och bjälklagsanslutning, balkong



Figur 5.1 - Anslutning mellan vägg och bjälklag (balkong)

De linjära delresistanserna $R_1 - R_8$ i figur 5.1 beräknas enligt följande.

$$R_1 = \sqrt{0,4 + \frac{\lambda_1 \left(\frac{1}{h_e} + R_{s1} \right)}{2d_1}} + \frac{0,5 b_1}{\lambda_2 d_1}$$

$$R_2 = \frac{\frac{0,5 b_1}{\lambda_2} + \frac{b_2}{\lambda_3} + \frac{0,5 b_3}{\lambda_4}}{d_1}$$

$$R_3 = \frac{\frac{0,5 b_3}{\lambda_4 d_1} + \sqrt{0,4 + \frac{\lambda_5 \left(\frac{1}{h_1} + R_{m3} \right)}{2 d_1}}}{\lambda_5}$$

$$R_4 = \frac{\frac{1}{h_e} + R_{m4}}{H - d_1}$$

$$R_5 = \frac{\frac{b_1}{\lambda_6} + \frac{b_2}{\lambda_7} + \frac{b_3}{\lambda_8}}{H - d_1}$$

$$R_6 = \frac{\frac{1}{h_1} + R_{m6}}{H - d_1}$$

$$R_7 = \frac{\sqrt{0,4 \frac{\lambda_6 \left(\frac{1}{h_e} + R_{m4} \right)}{b_1}}}{2 \lambda_6} - \frac{1}{h_e (H - d_1)} + \frac{0,25 d_1}{\lambda_2 b_1}$$

$$R_8 = \frac{\sqrt{0,4 \left(\lambda_8 \frac{1}{h_1} + R_{m6} \right)}}{2 \lambda_8} - \frac{1}{h_1 (H - d_1)} + \frac{0,25 d_2}{\lambda_4 b_3}$$

Om konstruktionen inte skulle innehålla någon balkongplatta, dvs bjälklaget skulle sluta i liv med ytterväggens ytersida blir

$$R_1 = \frac{\frac{0,5 b_1}{\lambda_2} + \frac{1}{h_e} + R_{m1}}{d_1}$$

och om skiktet som genombryter ytterväggen skulle sluta i liv med ytterväggens insida blir

$$R_3 = \frac{1}{h_1} + R_{m3} + \frac{0,5 b_3}{\lambda_4}$$

De triangelkopplade resistanserna R_1 , R_4 och R_7 respektive R_3 , R_6 och R_8 omräknas i enlighet med avsnitt 6.1 i bilagan till stjärnkopplade resistanser.

$$Z_1 = \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4 + R_7}$$

$$Z_2 = \frac{R_4 R_7}{R_1 + R_4 + R_7}$$

$$Z_3 = \frac{R_1 R_7}{R_1 + R_4 + R_7}$$

$$Z_4 = \frac{R_6 R_8}{R_3 + R_6 + R_8}$$

$$Z_5 = \frac{R_6 R_8}{R_3 + R_6 + R_8}$$

$$Z_6 = \frac{R_3 R_8}{R_3 + R_6 + R_8}$$

Den resulterande linjära resistansen kan sedan beräknas som

$$R_1 = Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_2 + R_5 + Z_4} + \frac{1}{Z_3 + R_2 + Z_5}} + Z_6$$

Konstruktionssnittets värmegenomgångskoefficient blir då

$$U = \frac{1}{R_1 H}$$

där den homogena delens U-värde är

$$U = \frac{1}{(R_4 + R_5 + R_6) (H - d_1)}$$

Köldbryggans linjära värmegenomgångskoefficient är då, om

$H = 1,2 \text{ m}$ och $d_1 = 0,2 \text{ m}$,

$$\Lambda_{1b} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{(R_4 + R_5 + R_6)}$$

För att beräkna yttemperaturförhållandet, E , definieras först tre referenstemperaturer

$$T_1 = 1 - \frac{Z_6}{R_1}$$

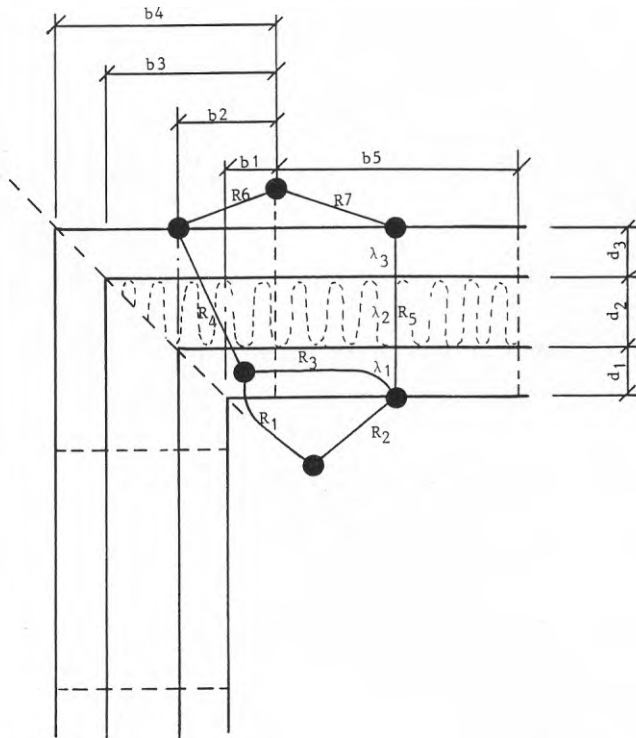
$$T_2 = \frac{Z_1}{R_1}$$

$$T_3 = T_2 + \frac{(T_1 - T_2)(Z_3 + R_2)}{Z_3 + R_2 + Z_5}$$

Med hjälp av dessa referenstemperaturer kan yttemperaturförhållandet beräknas som

$$E = T_3 + (1 - T_3) \frac{\frac{0,5 d_1 + 0,5 b_3}{2\lambda_4} + \min(R_{m3}, R_{m6})}{\frac{0,5 d_1 + 0,5 b_3}{2\lambda_4} + \min(R_{m3}, R_{m6}) + \frac{1}{h_1}}$$

5.2 Hörnkonstruktion



Figur 5.2 - Isolerat hörn utan särskild köldbrygga

De linjära delresistanserna $R_1 - R_7$ enligt figur 5.2 beräknas enligt följande

$$R_1 = \frac{1}{b_1 h_e} + R_{m1} + \ln \frac{b_1 + b_2}{2 d_1} \cdot \frac{0,5 d_1}{\lambda_1 \left(\frac{b_1 + b_2}{2} - b_1 \right)}$$

$$R_2 = \frac{1}{h_1 b_s}$$

$$R_3 = \frac{0,5 b_1}{\lambda_1 d_1} + \frac{\sqrt{0,4 + \frac{\lambda_1}{h_2 d_1}}}{\lambda_1}$$

$$R_4 = \frac{\ln \left(\frac{2 b_2}{b_1 + b_2} \right) 0,5 d_1}{\lambda_1 (0,5 b_2 - 0,5 b_1)} + \frac{\ln \left(\frac{b_3}{b_2} \right) \cdot d_2}{\lambda_2 (b_3 - b_2)} + \frac{\ln \left(\frac{b_4}{b_3} \right) \cdot d_3}{\lambda_3 (b_4 - b_3)}$$

$$R_5 = \frac{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3}}{b_s}$$

$$R_6 = \frac{1}{b_4 h_e}$$

$$R_7 = \frac{1}{b_5 h_e}$$

De triangelkopplade resistanserna R_1 , R_2 och R_3 omräknas i enlighet med avsnitt 6.1 i bilagan till stjärnkopplade resistanser.

$$Z_1 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$Z_2 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$Z_3 = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Den resulterande linjära resistansen kan sedan beräknas som

$$R_1 = Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_2 + R_4 + R_6} + \frac{1}{Z_3 + R_5 + R_7}}$$

Konstruktionssnittets värmeövergångskoefficient blir då

$$U = \frac{1}{R_1 (b_1 + b_5)}$$

där den homogena delens U-värde är

$$U = \frac{1}{(R_2 + R_5 + R_7) b_5}$$

och köldbryggans linjära värmeövergångskoefficient

$$\Delta_{1b} = \frac{1}{R_1} - \frac{b_1 + b_5}{(R_2 + R_5 + R_7) b_5}$$

För att beräkna yttemperaturförhållandet, E, definieras först två referenstemperaturer

$$T_1 = 1 - \frac{Z_1}{R}$$

$$T_3 = \frac{T_1 (R_3 + R_4)}{Z_2 + R_3 + R_4}$$

Med hjälp av dessa referenstemperaturer kan yttemperaturförhållandet beräknas som

$$E = T_3 + (1 - T_3) \left(1 - \frac{1}{h_1 b_2 R_1} \right)$$

LITTERATUR

Johannesson, G, och Åberg, O, 1981, Köldbryggor i plåtkonstruktioner. (Institutionen för Byggnadsteknik, LTH) Rapport TVBH-3006, Lund

Staelens, Peter, 1986, Thermal bridges, A non - Computerized Calculation Procedure. (Husbyggnadsteknik, LTH) Report TVBH-3011, Lund

Anderlind, G, 1988, Dataprogram för tvådimensionell värmeeströmning - GF2DIM. (Gullfiber AB.) Billesholm

SS 02 42 01, 1988, Värmeisolering - Fysikaliska storheter - Terminologi. (SIS - Standardiseringskommissionen i Sverige.) Utgåva 1, Stockholm

SS 02 42 30, 1983, Värmeisolering - Plåtkonstruktioner med köldbryggor - Beräkning av värmegenomgångskoefficient. (SIS - Standardiseringskommissionen i Sverige.) Utgåva 1, Stockholm

Johannesson, G, 1983, Utkast till ISO-standard avseende beräkning av köldbryggor. (För ISO/TC 163/SC 2/WG 1 Thermal bridges.) Juni 1983, Lund. /Opublicerad/

I övrigt hänvisas till Staelens (1986), som innehåller en utförlig litteraturförteckning.

TK /AG
INSTA

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

Värmeisolering - Köldbryggor i byggnadskonstruktioner - Beräkning av värmeomgångskoefficient och yttemperaturer

Thermal insulation - Thermal bridges in building constructions - Calculation of thermal transmittance and surface temperature

Innehåll

- 1 Omfattning och tillämpning
- 2 Referenser
- 3 Beteckningar och enheter
- 4 Definitioner
- 5 Beräkningsprinciper
- 6 En förenklad metodik
- 7 Rapport

Bilaga A - Litteratur (Ej del av standarden)

Bilaga B - Beräkningskonstanter - Värmeledningsförmåga
(Del av standarden)

Bilaga C - Beräkningskonstanter - Värmemotstånd
(Del av standarden)

Bilaga D - Beräkningsexempel med förenklad metodik
(Ej del av standarden)

Bilaga E - Standardfall för testning av datorprogram
(Ej del av standarden)

1 Omfattning och tillämpning

I denna standard behandlas metoder för beräkning av värmeomgångskoefficient och lägsta yttemperatur på insidan av en isolerad byggnadskonstruktion som innehåller en köldbrygga.

I standarden definieras de viktigaste antaganden som ligger till grund för beräkningen oavsett om den görs med hjälp av ett datorprogram eller enligt den förenklade metodik som redovisas i standarden. I bilagor, som är del av standarden, ges beräkningskonstanter i form av värmeledningsförmåga eller värmemotstånd på vanliga byggmaterial, luftspalter och jordarter.

Den förenklade beräkningsmetoden bygger på att konstruktionen delas upp i ett antal enkla geometriska konfigurationer genom vilka värmeledningsförmågan kan bestämmas. Med hjälp av dessa s k elementarfall kan konstruktionens värmeomgångskoefficient beräknas.

Denna förenklade beräkningsmodellen är vad avser konstruktionsutförande mycket generell och byggs upp med en kombination av elementarfallen. En riktig omformning av en godtycklig konstruktion till beräkningsmodell kräver kunskap om värmetransportens fysikaliska förlopp.

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

I bilaga till standarden ges ett par exempel på hur denna beräkningsprocedur kan tillämpas på några vanliga konstruktionstyper.

Denna standard gäller inte plåtkonstruktioner. För beräkning av värmegenomgångskoefficienten hos konstruktioner där det isolerande skiktet helt eller delvis genombryts av metalliska delar hänvisas till SS 02 42 30.

2 Referenser

SS 02 42 01, Värmeisolering - Fysikaliska storheter - Terminologi

SS 02 42 30, Värmeisolering - Plåtkonstruktioner med köldbryggor - Beräkning av värmegenomgångskoefficient

3 Beteckningar och enheter

A	= area	m ²
B	= bredd, huvudmått	m
b	= bredd, delmått	m
D	= diameter	m
d	= tjocklek	m
E	= yttemperaturförhållandet	-
H	= höjd, huvudmått	m
h	= höjd, delmått	m
h	= värmeövergångskoefficient	W/(m ² ·K)
L	= längd, huvudmått	m
l	= längd, delmått	m
q	= värmeflödestäthet	W/m ²
R	= värmemotstånd, värmeisolans	m ² ·K/W
R _g	= globalt värmemotstånd (mellan två godtyckliga konfigurationer)	K/W
R _l	= linjärt värmemotstånd	m·K/W
r	= radie	m
T	= termodynamisk temperatur	K
U	= värmegenomgångskoefficient	W/(m ² ·K)
β	= beräkningskonstant $\sqrt{h/(\lambda \cdot d)}$	1/m
θ	= celsiustemperatur	°C
Φ	= värmeflöde	W
Λ _g	= global värmekonduktans	W/K
Λ _l	= linjär värmegenomgångskoefficient	W/(m·K)
λ	= värmekonduktivitet, värmeledningsförmåga	W/(m·K)

I denna standard används följande index

b	= köldbrygga
e	= utsida
g	= global
i	= insida
k	= summationsindex
l	= linjär
min	= minimum
si	= inneryta

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

4 Definitioner

4.1 Storheter

De storheter som används i denna standard definieras i SS 02 42 01.

4.2 Definitionen av en köldbrygga

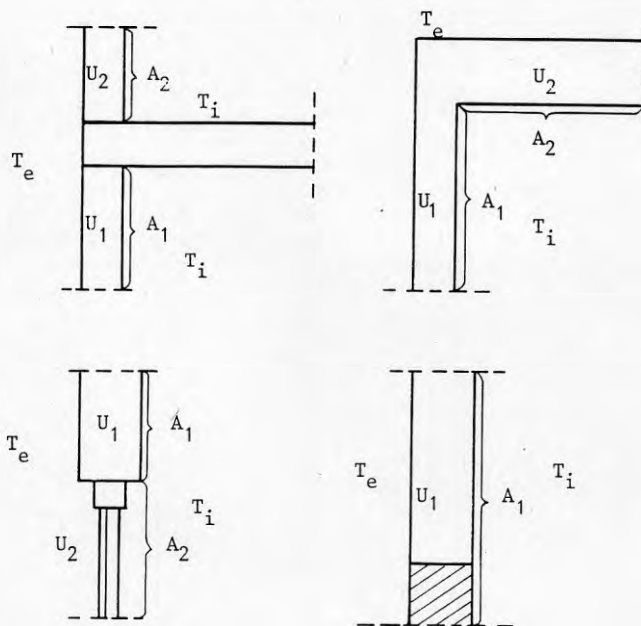
Vi betraktar en del av en isolerad ytterkonstruktion som är vald således att p g a symmetri eller tillräckligt avstånd från någon störning, ingen tvärströmning äger rum över de valda begränsningssnitten. Exempel ges i figur 1. Ytterkonstruktionens exponerade inneryta delas upp i delytor där varje delyta ges ett homogent U-värde. Om den valda konstruktionsdelen uppfyller någondera av de två nedan givna villkoren så innehåller den en köldbrygga med hänsyn tagen till de valda delytorna.

1. Värmeflödet mellan insidan och utsidan är beräkningsmässigt större än summan av värmeflödena genom de olika delytorna

$$\Phi_{\Sigma} > (T_i - T_e) \Sigma U_k A_k$$

2. Den lägsta yttemperaturen på konstruktionens inneryta är lägre än den lägsta yttemperatur som ges av någon av de valda delytornas termiska egenskaper

$$T_{s1, \min} < (T_i - \frac{1}{h_1} U_k (T_i - T_e)) \text{ för alla } k$$



Figur 1 - Exempel på köldbryggor i klimatskärmen

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

4.3 Köldbryggans egenskaper

I enlighet med definitionen i 4.2 kan värmeflödet genom en köldbrygga i en konstruktionsdel uttryckas som

$$\Phi_b = \Phi_g - (T_i - T_e) \sum U_k A_k \quad W$$

Köldbryggans konduktans definieras då som

$$\Lambda_{gb} = \Phi_b / (T_i - T_e) \quad W/K$$

Köldbryggor som har ett likformigt tvärsnitt över en relativt lång sträcka som t ex golv och vägganslutningar kan karakteriseras som en linjär konduktans

$$\Lambda_{1b} = \Lambda_{gb} / L \quad W/(m \cdot K)$$

där L är köldbryggans längd i konstruktionsdelen.

Den lägsta yttemperaturen på en konstruktions insida måste ställas i relation till de aktuella yttre och inre omgivningstemperaturerna. Därför definieras en storhet, yttemperaturförhållandet, som ger konstruktionens relativa nedkylning på insidan oberoende av de aktuella temperaturerna vid beräkning eller mätning. Yttemperaturförhållandet ger temperaturskillnaden mellan inre omgivning och den del av innerytan som har lägst temperatur som en andel av den totala temperaturskillnaden över konstruktionen. När den lägsta yttemperaturen på insidan $T_{i, min}$ är känd kan yttemperaturförhållandet beräknas enligt uttrycket

$$E = (T_i - T_{i, min}) / (T_i - T_e)$$

varav följer att om yttemperaturförhållandet är känt kan den lägsta yttemperaturen beräknas enligt uttrycket

$$T_{i, min} = T_i - E(T_i - T_e)$$

4.4 Ytterhöljets transmissionsförluster

Den totala konduktansen för transmissionsförluster genom byggnadens ytterhölje ges som summan av konduktanserna för de valda homogena delytorna och för köldbryggorna

$$\Lambda_g = \sum U_k A_k + \sum \Lambda_{gb}$$

5 Beräkningsprinciper

I detta avsnitt ges riktlinjer för beräkning av köldbryggor i byggnadskonstruktioner. Dessa riktlinjer gäller såväl för datorberäkningar som för beräkningar enligt de förenklade modeller som anvisas i standarden.

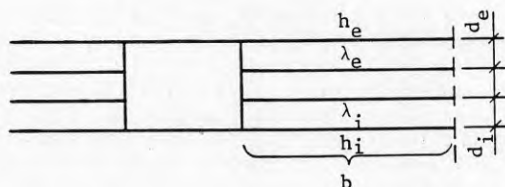
FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

5.1 Förenklingar och antaganden

Denna standard förutsätter följande förenklingar och antaganden vid beräkning av värmegenomgång och lägsta yttemperatur på konstruktionens insida.

1. Vid beräkning av köldbryggans inverkan skall den valda omgivande konstruktionens begränsningssnitt väljas så att ingen tvärströmning äger rum över dessa. Alla symmetrisnitt uppfyller detta villkor och för en isolerad konstruktion av den typ som visas i figur 2 kan tillräckligt avstånd mellan köldbryggan och begränsningssnittet ges som det största av följande uttryck

$$b \geq 2\sqrt{\lambda_e d_e / h_e} \text{ och } b \geq 2\sqrt{\lambda_i d_i / h_i}$$



Figur 2 - Definition av avstånd mellan köldbrygga och begränsningssnitt

2. Konstruktionen delas upp i homogena delvolymmer med givna termiska egenskaper. Fullständig termisk kontakt förutsätts mellan olika delvolymmer. Luftspalter inuti konstruktionen ges materialegenskaper som ger samma värmemotstånd i värmeflödets huvudriktning som i bilaga C3, som gäller för icke ventilerade luftspalter med en relativt stor utbredning vinkelrätt mot värmeflödet. Ekvivalenta λ -värden för hålrum ges i bilaga B3.
3. Vid beräkningarna antas yttre och inre värmeövergångsmotstånden och omgivningstemperaturerna likformigt fördelade över de exponerade inner- och ytterytorna. Värden ges i bilaga C1.
4. Om den beräknade lägsta yttemperaturen på konstruktionens insida befinner sig mindre än 100 mm från ett utåtgående hörn mellan ytterkonstruktioner skall yttemperaturförhållandet E multipliceras med 75 % och i ett hörn mellan en ytter- och innerkonstruktion med 25 %, dvs

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD
i ett hörn mellan ytterkonstruktioner

$$T_{s,i,min} = T_i - 1,75 \cdot E (T_i - T_e)$$

i ett hörn mellan en innerkonstruktion och en ytterkonstruktion

$$T_{s,i,min} = T_i - 1,25 \cdot E (T_i - T_e)$$

5.2 Beräkningsmetoder

För beräkning av värmeflöden och temperaturer i byggnadskonstruktioner finns dels datorberäkningsmetoder som numeriskt löser temperaturfördelningen i konstruktionen och beräknar värmeflöden, dels enklare metoder som ger möjlighet att uppskatta köldbryggans inverkan på ett snabbare men mindre noggrannt sätt. Denna standard accepterar bruk av alla datorprogram som har provats mot exemplet i bilaga F och där erhållna värden redovisas i relation till de resultat som där anges. Resultaten får inte avvika mer än 5 % från värdena för Λ_{kb} och E i bilaga E.

I denna standard ges vidare i avsnitt 6 en förenklad beräkningsmetodik som bygger på att konstruktionerna delas upp i ett antal geometriska konfigurationer som kan karakteriseras termiskt med relativt enkla uttryck. För de redovisade typkonstruktionerna kan man räkna med att Λ_{kb} och E inte avviker mer än 10 % från resultatet av en noggrann datorberäkning.

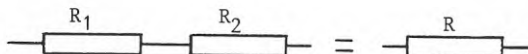
6 En förenklad metodik

Den metodik som presenteras i denna standard utgår ifrån kända lösningar för det flerdimensionella värmeflödet i vissa enkla geometriska konfigurationer. Varje konstruktion delas upp i ett antal s_k elementarfall som karakteriseras med hjälp av resistanser. Genom att koppla ihop resistanserna för elementarfallen fås ett nätverk vars totala konduktans kan beräknas och där temperaturerna i resistansnätets knutpunkter ger underlag för beräkning av yttemperaturer.

6.1 Beräkningsregler för resistansnät

Om resistanserna R_1 och R_2 är kopplade i serie som i figur 3 kan de adderas till en resulterande resistans

$$R = R_1 + R_2$$

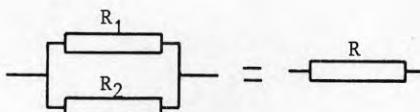


Figur 3 - Seriekopplade resistanser

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

Om resistanserna R_1 och R_2 är parallellkopplade som i figur 4 kan den resulterande resistansen bildas enligt följande formel

$$R = 1/(1/R_1 + 1/R_2)$$



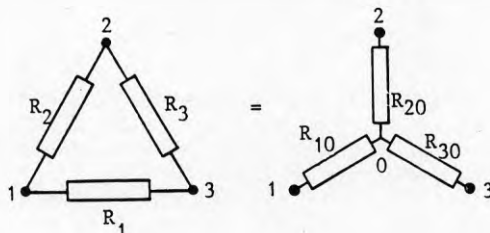
Figur 4 - Parallellkopplade resistanser

Om resistanserna R_1 , R_2 och R_3 bildar en triangel som visas i figur 5 kan den resulterande resistansen inte bildas genom de två ovan nämnda beräkningssätten. Triangelkopplingen får först omräknas till en stjärnkoppling enligt följande formler

$$R_{10} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{20} = R_2 R_3 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{30} = R_1 R_3 / (R_1 + R_2 + R_3)$$



Figur 5 - Triangelkopplade resistanser

Med de ovan beskrivna beräkningssätten bör varje resistansnät med ett rimligt antal knutpunkter kunna lösas till en resulterande resistans.

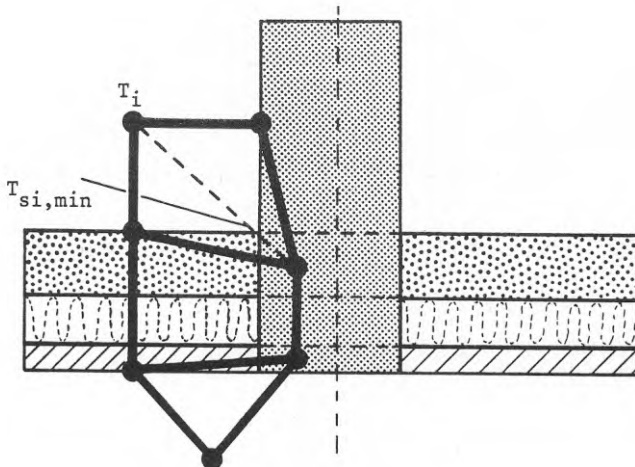
För det valda konstruktionssnittet kan den globala konduktansen uttryckas som

$$\Lambda_{\Sigma} = 1/R_{\Sigma}$$

där R_{Σ} är den resulterande resistansen för konstruktionssnittet. Med hjälp av uttrycken i avsnitt 4.3 kan då köldbryggans konduktans beräknas.

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

Vid beräkning av yttemperaturförhållandet, E, måste temperaturen bestämmas i den knutpunkt i resistansnätet som ligger närmast ytan på insidan i köldbryggan. Yttemperaturen beräknas sedan genom att göra en endimensionell temperaturfördelning mellan knutpunkten och insidans temperatur som visas i figur 6.

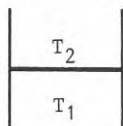


Figur 6 - Beräkning av yttemperaturförhållandet E

6.2 Elementarfall

I detta avsnitt ges ett antal elementarfall dvs konfigurationer som med hjälp av relativt enkla uttryck kan karakteriseras som resistanser.

1 - Termisk kontakt

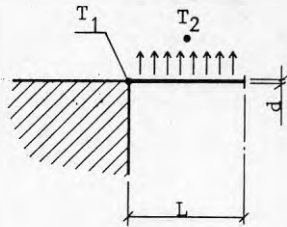


$$R = 0$$

Figur 7

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

2 - Värmefflöde genom tunn fläns (t ex plåt) mot köldbrygga

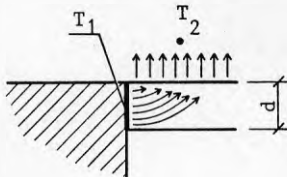


$$\beta = \sqrt{\frac{h}{\lambda \cdot d}}$$

$$R_1 = \frac{\beta}{h \cdot \tan h(\beta L)}$$

Figur 8

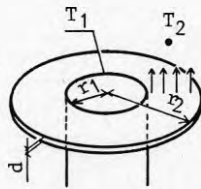
3 - Värmefflöde genom tjock fläns (t ex ett betongskikt) mot köldbrygga



$$R_1 = \frac{\sqrt{0,4 + \frac{\lambda}{h \cdot d}}}{\lambda}$$

Figur 9

4 - Värmefflöde genom cirkulär fläns mot cylindrisk köldbrygga

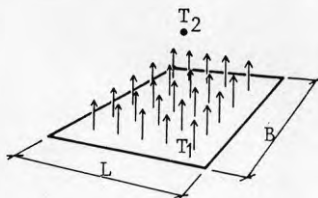


$$R_g = \frac{1}{2\pi\lambda d \cdot F(\beta r_1, \beta r_2)}$$

För $F(\beta r_1, \beta r_2)$ hänvisas till SS 02 42 30

Figur 10

5 - Värmeövergång vid en yta



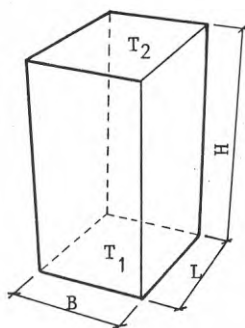
$$R_g = \frac{1}{h \cdot B \cdot L}$$

$$R = \frac{1}{h}$$

Figur 11

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

6 - Värmefflöde genom ett rektangulärt liv

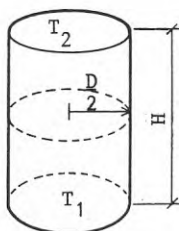


$$R_1 = \frac{H}{B \cdot \lambda}$$

$$R_g = \frac{H}{B \cdot L \cdot \lambda}$$

Figur 12

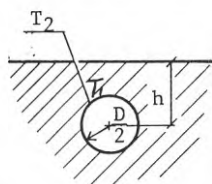
7 - Värmefflöde genom ett cylindriskt liv



$$R_g = \frac{H}{\frac{D}{2} \cdot \pi \cdot \lambda}$$

Figur 13

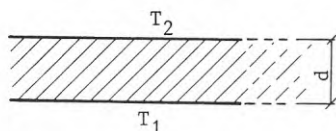
8 - Värmefflöde mellan en cylinder och en plan yta



$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{h}{D}\right)}{2\pi\lambda}$$

Figur 14

9 - Värmefflöde mellan två plana ytor

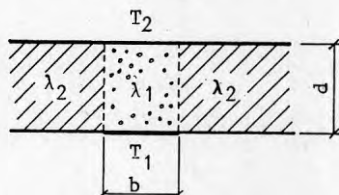


$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Figur 15

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

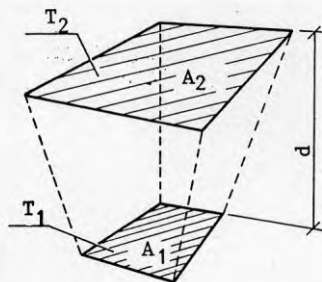
10 - Värmefflöde mellan en ändlig och en oändlig plan yta



$$R_1 = \frac{1}{\left(\lambda_1 \frac{b}{d} + \lambda_2 \frac{2}{\pi}\right)}$$

Figur 16

11 - Värmefflöde mellan två planparallella ändliga ytor

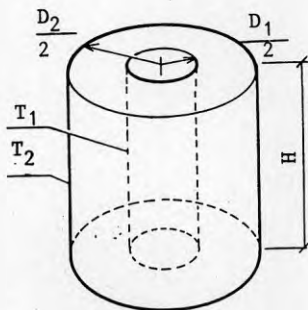


$$R_g = \frac{\ln(A_2/A_1) \cdot d}{\lambda (A_2 - A_1)}$$

A₁ projiceras inom A₂

Figur 17

12 - Värmefflöde mellan två parallella cylindriska ytor



$$R = \frac{\ln \frac{D_2}{D_1}}{H \cdot \lambda \cdot 2 \cdot \pi}$$

Figur 18

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

7 Rapport

Beräkningsrapporten skall bl a innehålla

- a) principskiss på konstruktionen med mått
- b) alla använda dimensioner och beräkningsparametrar
- c) om en numerisk datorberäkningsmetod har används skall totalt värmeflöde in och ut ur konstruktionen enligt beräkningsresultaten redovisas. Vidare skall datorprogrammets noggrannhet anges i förhållande till standardfallet i bilaga E. Om en förenklad beräkningsmetod har använts skall ett kopplingsschema med införda värden på resistanserna redovisas
- d) resulterande konduktans Λ_w för konstruktionen, inklusive köldbryggan, och Λ_b eller Λ_1 för köldbryggan
- e) yttemperaturförhållandet, E, och den lägsta yttemperaturen som förväntas på konstruktionens insida
- f) uppgift om och motiv för eventuella avvikelser från denna standard

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

BILAGA A - Litteratur

(Denna bilaga är inte del av standarden)

Johannesson, G, och Åberg, O, 1981. Köldbryggor i plåtkonstruktioner. (Institutionen för Byggnadsteknik, LTH) Rapport TVBH - 3006, Lund

Staelens, Peter, 1986. Thermal Bridges, A Non - Computerized Calculation Procedure. (Husbyggnadsteknik, LTH) Report TVBH - 3011, Lund

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

BILAGA B - Beräkningskonstanter - Värmeledning

(Denna bilaga är del av standarden)

I denna bilaga anges värmeledningensvärden för några vanliga material och kaviteter.

Vid beräkning av värmeövergångskoefficienten (U-värdet) för en konstruktion erhålls normalt ett högre värde än vid provning eftersom nedanstående λ -värden innehåller ett säkerhetspåslag.

B1 Isolermaterial (icke kontrollerade)

Tabell B1 - Klassificerad värmeledning, λ_{k1} , för icke kontrollerade värmeisolermaterial

Material	λ_{k1} W/(m·K)
Uretancellplast, fabriksstillverkad	0,039
Uretancellplast, platstillverkad	0,055
Extruderad styrencellplast	0,045
Expanderad styrencellplast	0,055
Mineralull, skivor och mattor	0,055
Expanderad styrencellplast, kulor på bjälklag	0,060
Lösfyllnadsisolering, mineralull	0,060
Lösfyllnadsisolering, cellulosafiber	0,060
Karbamidcellplast	0,070
Expanderad kork	0,065
Cellglas	0,070
Träullsplattor, invändigt	0,090
Lättklinkerplattor	0,28
Lättklinkerkulor på bjälklag eller mark	0,17
Lättklinker, cementbunden	0,22
Lättklinker, murverk	0,33
Lättbetong, murverk	0,30
Lättbetong, element	0,24

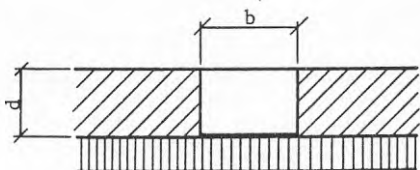
FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD
 B2 Byggnadsmaterial

Tabell B2 - Praktiskt tillämpbar värmekonduktivitet, λ_p ,
 för vanliga byggnadsmaterial

Material	ρ_{terr} kg/m ³	λ_p W/(m·K)
Aluminium		170**
Rostfritt stål		20**
Stål (konstruktions-)		60**
Natursten	2 700	2,4-3,6
Betong, vinkelrätt armering	2 300	1,7
Betong, parallellt armering	2 300	1,7-6,0
Lättklinkerbetong	1 600	0,8
	1 400	0,65
	1 200	0,50
	1 000	0,42
Cementbruk	2 000	1,2
Kalkcementbruk	1 800	1,0
Trä (furu, gran)		0,14
Trä, spånskivor	500-600	0,14
Träfiberskivor, hårda	1 000	0,13
Träfiberskivor, halvhårda	600	0,080
Träfiberskivor, asfaltimpregnerade	400	0,065
Sågspån	140-220	0,08
Kutterspån	100-160	0,08
Kalksandsten	1 800	1,00
Massivtegel	1 700	0,70
	1 500	0,60
	1 300	0,50
Månghålstegel	1 500	0,70
	1 300	0,60
Lera, dränerad sand och grus		ca 1,4
Silt, morän, icke dränerad sand och grus		ca 2,3
Berg		ca 3,5

* λ -värdet för metaller är beroende av legeringshalten.
 Ovanstående kan användas utan särskild utredning. Lägre
 λ -värde får användas om det kan verifieras för metallsorten
 ifråga

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD
 B3 Kaviteter



Figur 19

Tabell B3 - Luftfyllda hålrum

 Värmeresistans, $m^2 \cdot K/W$

d	b, mm				
mm	≥ 200	100	50	20	≤ 10
5	0,1	0,1	0,11	0,11	0,11
6	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13
7	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14
8	0,13	0,13	0,13	0,14	0,15
10	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17
12	0,15	0,16	0,16	0,18	0,19
15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21
20	0,17	0,18	0,19	0,22	0,24
25	0,18	0,2	0,21	0,24	0,27

 Ekvivalent värmekonduktivitet, $W/(m \cdot K)$

d	b, mm				
mm	≥ 200	100	50	20	≤ 10
5	0,0500	0,0500	0,0455	0,0455	0,0455
6	0,0545	0,0500	0,0500	0,0500	0,0460
7	0,0585	0,0585	0,0540	0,0540	0,0500
8	0,0615	0,0615	0,0615	0,0570	0,0535
10	0,0715	0,0715	0,0665	0,0625	0,0590
12	0,0800	0,0750	0,0750	0,0665	0,0630
15	0,0940	0,0880	0,0835	0,0790	0,0715
20	0,120	0,110	0,105	0,0910	0,0835
25	0,140	0,125	0,120	0,105	0,0925

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

BILAGA C - Beräkningskonstanter - Värmemotstånd

(Denna bilaga är del av standarden)

I denna bilaga anges invändiga och utvändiga värmeövergångsmotstånd samt praktiskt tillämpbara värmemotstånd för speciella material, luftskikt och jordarter.

Vid beräkning av värmeegenomgångskoefficienten (U-värdet) för en konstruktion erhålls normalt ett högre värde än vid provning, eftersom nedanstående R_p -värden innehåller ett säkerhetspåslag.

C1 Värmeövergångsmotstånd

Värmeövergångsmotstånden vid en byggnadsdels fria ytor varierar beroende på ett antal parametrar som t ex ytans egenskaper (speciellt emissivitet, lufthastighet utefter ytan och yttemperatur), omgivningens temperatur och omgivande ytor.

Vid normala energiberäkningar används säsongsmedelvärden enligt tabellen.

Tabell C1 - Värmeövergångsmotstånd

Värmeövergångsmotstånd $m^2 \cdot K/W$ alt $m^2 \cdot ^\circ C/W$	
R_{s1} (inne)	0,13
R_{se} (ute)	0,04
$R_{s1} + R_{se}$	0,17

C2 Speciella material

Tabell C2 - Praktiskt tillämpbart värmemotstånd, R_p , för speciella material

Material Skikt	ρ_{torr} kg/m ³	R_p (m ² ·K)/W
Gipsskivor		
tjocklek 9 mm	900	0,04
" 13 mm	900	0,06
Murverk av betonghålblock		
tjocklek 0,20 m, 7 hålrader	1 400	0,35
" 0,25 m, 9 hålrader	1 400	0,45
Dräneringsskikt av grus eller sten 150 mm		0,20

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD
 C3 Plana, icke ventilerade luftskikt

Värmemotståndet hos slutna luftskikt beror på ytornas temperatur och emissivitet. Värdena i tabellen gäller vid en medeltemperatur för luftskiktet mellan 0 °C och +20 °C, samt högst 15 °C temperaturskillnad mellan de omslutande ytorna.

Tabell C3 - Värmemotstånd hos plana, icke ventilerade luftskikt där bredden är mycket större än tjockleken

Utrymmets ytor ¹⁾	Luftskiktets tjocklek mm	Värmemotstånd, R, m ² ·K/W		
		Värmeflödets riktning		
		Horisontalt	Upp	Ned
Ej reflekterande ytor (normalfallet)	5	0,11	0,11	0,11
	10	0,14	0,13	0,15
	20	0,16	0,14	0,18
ε > 0,8	50 till 100	0,17	0,14	0,21
En reflekterande yta ²⁾	5	0,17	0,17	0,17
	10	0,29	0,23	0,29
	20	0,37	0,25	0,43
ε < 0,2	50 till 100	0,34	0,27	0,61

¹⁾ ε är den totala globala emissiviteten vid ca 10 °C.

²⁾ Värdena för utrymmen med en reflekterande yta får bara användas under förutsättning att ytan kontrolleras och kanförväntas förbli ren och fri från damm, fett och kondens.

C4 Plana, ventilerade luftskikt inklusive ytbeklädnad

Tabell C4 - Praktiskt tillämplbart värmemotstånd, R_p, för plana, ventilerade luftskikt, inklusive yttre beklädnad, i tak- och väggkonstruktioner

Typ av ventilerat skikt	R _p m ² ·K/W
Vägg med plåtfasad	0,05
Vägg med trä-, tegel- eller betongfasad	0,15
Yttertak av plåt. Tak med ventilerat vindsutrymme	0,15
Yttertak av plåt. Tak med ventilerad luftspalt	0,15
Yttertak av panel + papp. Tak med ventilerat vindsutrymme	0,25

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

forts tabell C4

Typ av ventilerat skikt	R_p $m^2 \cdot K/W$
Yttertak av panel + papp. Tak med ventilerad luftspalt	0,20
Yttertak av pannor på undertak. Tak med ventilerat vindsutrymme	0,30
Yttertak av pannor på undertak. Tak med ventilerad luftspalt	0,20

C5 Jordarter

 Tabell C5 - Praktiskt tillämpligt värmemotstånd, R_p , i $m^2 \cdot K/W$, för jordarter, inklusive inre och yttre värmeövergångsmotstånd

Jordart	Utanför källarvägg			Under golv på mark		
	Avstånd under markytan			Avstånd från yttervägg		
	0-1 m	1-2 m	>2 m	0-1 m	1-6 m	>6 m
Lera. Dränerad sand Dränerat grus	0,50	1,70	3,40	1,00	3,40	4,40
Silt. Morän. Icke dränerad sand. Icke dränerat grus.	0,35	1,10	2,70	0,70	2,20	2,70
Sprängsten	0,30	0,90	2,00	0,60	1,80	2,20
Berg	0,25	0,70	1,40	0,50	1,40	1,80

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

BILAGA D - Beräkningsexempel med förenklad metodik

(Denna bilaga är inte del av standarden)

I denna bilaga ges beräkningsprocedurer för några av de mest vanliga konstruktionstyperna i byggnader där köldbryggor ingår. Omformning av en godtycklig konstruktion till en diskret resistansmodell kräver kunskap om värmetransportens fysikaliska förlopp. Om tveksamhet råder bör den erhållna modellen testas mot datorberäkningar.

I följande avsnitt ges köldbryggornas principiella utseende med ett nätverk av strömningsvägar inlagda där de aktuella elementarfallen anges med numrering enligt avsnitt 6.2 i standarden, dvs från 1 till 12.

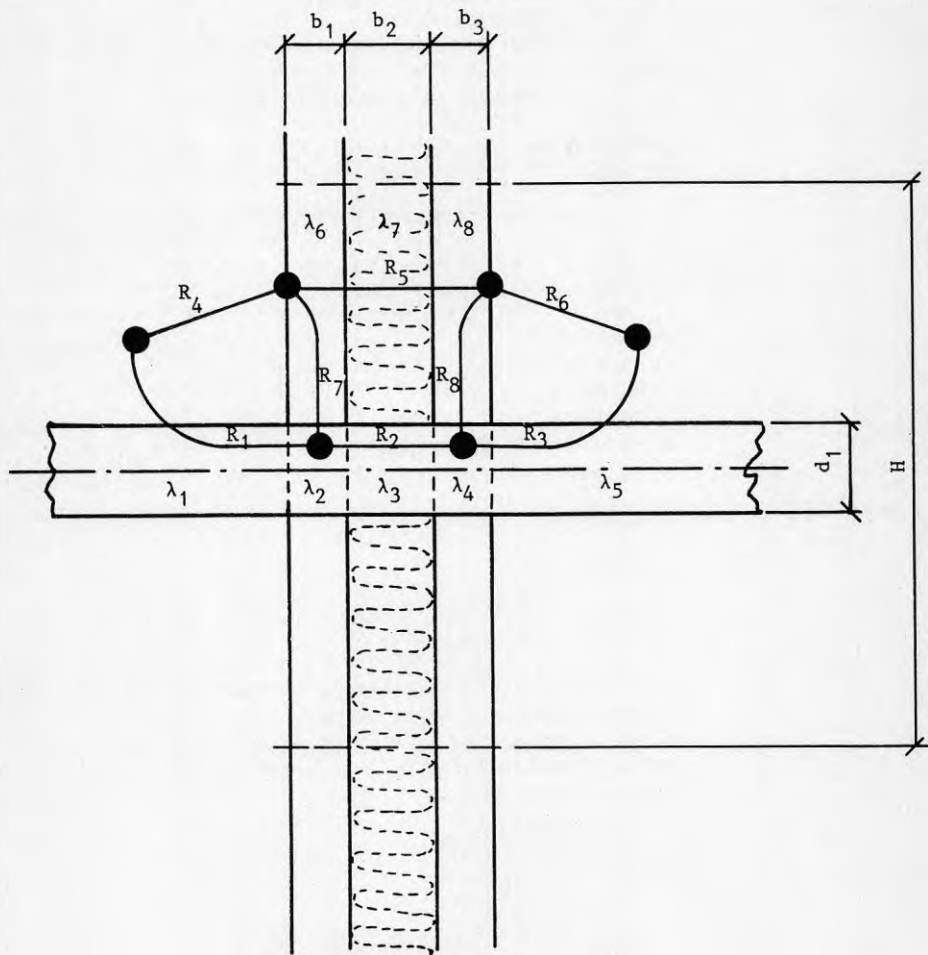
Själva beräkningsproceduren för varje elementarfall ges som ett enkelt BASIC datorprogram som kan matas in i de flesta bordsdatorer, med eventuella små förändringar.

För plåtkonstruktioner hänvisas till SS 02 42 30.

D1 Väg- och bjälklagsanslutningar, balkonger

Den generella konstruktionstypen visas i figur 18. De homogena konstruktionsdelarna består av tre huvudskikt varav det mittersta skiktet är isolerande. Köldbryggan är uppdelad i fem olika materialfält. Fält 1 och 5 kan utelämnas och ersättas med en värmeövergång i väggytornas plan. Modellen förutsätter samma temperatur på båda sidor av anslutande vägg eller bjälklag. Värmeövergångsmotstånd på anslutande vägg eller bjälklag kan modifieras med hänsyn till en eventuell köldbryggeisolering.

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD



Figur 20 - Anslutning mellan vägg och bjälklag (balkong)

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

```

10 : REM STYRNING AV UTSKRIFT:
20 : LPRINT CHR$(27);CHR$(33)
30 : REM *****
40 : REM
1000 : REM KOLDBRYGGOR I BYGGNADSKONSTRUKTIONER
1010 : REM
1020 : REM BERAKNING ENLIGT SVENSK STANDARD XX XX XX
1030 : REM
1040 : REM VAGG OCH BJALKLAGSANSLUTNINGAR
1050 : REM
1080 : REM VER 1987-08-08
1090 : REM
1100 : REM *****
1110 : REM INDATA
1120 : REM DIMENSIONER
1130 : READ D1,B1,B2,B3,H
1140 : DATA 2,1,05,2,1.2
1150 : REM VARMELEDNINGSDATA
1160 : READ L1,L2,L3,L4,L5,L6,L7,L8
1170 : DATA 0,1.5,1.5,1.5,1.5,8,04,1
1180 : REM VARMEÖVERGANGSDATA UTE OCH INNE
1190 : READ H1,H2
1200 : DATA 20,5
1210 : REM TILLAGGSMOTSTAND
1220 : READ M1,M3,M4,M6
1230 : DATA 0,0,0,0
1240 : REM *****
1250 : REM BERAKNING AV RESISTANSER
1260 : IF L1=0 THEN R1=(.5*B1/L2+1/H1+M1)/D1:GOTO 1280
1270 : R1=SQR(.4+L1*(1/H1+M1)/D1/2)/L1+.5*B1/L2/D1
1280 : R2=(B1/L2/2+B2/L3+B3/L4/2)/D1
1290 : IF L5=0 THEN R3=1/H2+M3+B3/L4/2:GOTO 1310
1300 : R3=(B3/L4/2/D1+SQR(.4+L5*(1/H2+M3)/D1/2))/L5
1310 : R4=(1/H1+M4)/(H-D1)
1320 : R5=(B1/L6+B2/L7+B3/L8)/(H-D1)
1330 : R6=(1/H2+M6)/(H-D1)
1340 : R7=SQR(.4+L6*(1/H1+M4)/B1)/L6/2-1/H1/(H-D1)+D1/2/L2/B1/2
1350 : R8=SQR(.4+L8*(1/H2+M6)/B3)/L8/2-1/H2/(H-D1)+D1/2/L4/B3/2
1360 : REM TRANSFORMERADE RESISTANSER
1370 : Z=R1+R4+R7
1380 : Z1=R1*R4/Z
1390 : Z2=R4*R7/Z
1400 : Z3=R1*R7/Z
1410 : Z=R3+R6+R8
1420 : Z4=R6*R8/Z
1430 : Z5=R8*R3/Z
1440 : Z6=R6*R3/Z
1450 : REM TOTAL RESISTANS
1460 : R=Z1+1/(1/(Z2+R5+Z4)+1/(Z3+R2+Z5))+Z6
1470 : REM U-VARDE
1480 : U=1/(R*H)

```

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

1490 : REM HOMOGENT U-VARDE
 1500 : $U_2 = 1 / (R_4 + R_5 + R_6) / (H - D_1)$
 1510 : REM KOLDBRYGGANS LINJARA U-VARDE
 1520 : $U_1 = 1 / R - 1 / (R_4 + R_5 + R_6)$
 1530 : REM BERAKNING AV REFERENSTEMPERATUR
 1540 : $T_1 = 1 - Z_6 / R$
 1550 : $T_2 = Z_1 / R$
 1560 : REM REFERENSTEMPERATUR
 1570 : $T_3 = T_2 + (T_1 - T_2) * (Z_3 + R_2) / (Z_3 + R_2 + Z_5)$
 1580 : REM BERAKNING AV YTTEMPERATURFÖRHÅLLANDET E
 1590 : $E = T_3 + (1 - T_3) * ((D_1 / 2 + B_3 / 2) / 2 / L_4 + \text{MIN}(M_3, M_6)) / ((D_1 / 2 + B_3 / 2) / 2 / L_4 + \text{MIN}(M_3, M_6) + 1 / H_2)$
 1600 : REM UTSKRIFT AV RESULTAT
 1620 : REM
 1630 : LPRINT "Beräkning av koldbrygga enligt SS xx xx xx"
 1640 : LPRINT "Vägg eller bjälklagsanslutning"
 1650 : LPRINT "*****"
 1660 : LPRINT "Indata"
 1670 : LLIST 1100-1230:LPRINT
 1680 : LPRINT "*****"
 1700 : LPRINT "BERÄKNINGSRESULTAT"
 1710 : LPRINT
 1720 : LPRINT "HOMOGENT U-VARDE ";U2;" W/(m2K)"
 1730 : LPRINT
 1740 : LPRINT "LINJART U-VARDE ";U1;" W/(mK)"
 1750 : LPRINT
 1760 : LPRINT "U-VARDE ENL BER ";U;" W/(m2K)"
 1770 : LPRINT
 1780 : LPRINT "LAGSTA YTTEMPERATUR PÅ INSIDAN = Ti-(Ti-Tu)X";1-E
 1790 : LPRINT
 1800 : LPRINT "*****"
 1810 : LPRINT
 1820 : LPRINT "INGÅENDE LINJARA VÄRMOTSTAND"
 1830 : LPRINT "R1= ";R1;" mK/W"
 1840 : LPRINT "R2= ";R2;" mK/W"
 1850 : LPRINT "R3= ";R3;" mK/W"
 1860 : LPRINT "R4= ";R4;" mK/W"
 1870 : LPRINT "R5= ";R5;" mK/W"
 1880 : LPRINT "R6= ";R6;" mK/W"
 1890 : LPRINT "R7= ";R7;" mK/W"
 1900 : LPRINT "R8= ";R8;" mK/W"
 1910 : LPRINT :LPRINT "Beräkning avslutad"
 1920 : REM
 1930 : LPRINT "*****"
 1940 : LPRINT
 1950 : END

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

Beräkning av koldbrygga enligt SS xx xx xx
Vagg eller bjalklagsanslutning

Indata

1100 : REM*****
1110 : REM INDATA
1120 : REM DIMENSIONER
1130 : READ D1,B1,B2,B3,H
1140 : DATA .2,.1,.05,.2,1.2
1150 : REM VARMELEDNINGSDATA
1160 : READ L1,L2,L3,L4,L5,L6,L7,L8
1170 : DATA 0,1.5,1.5,1.5,1.5,1.5,.8,.04,1
1180 : REM VARMEOVERGANGSDATA UTE OCH INNE
1190 : READ H1,H2
1200 : DATA 20,5
1210 : REM TILLAGGSMOTSTAND
1220 : READ M1,M3,M4,M6
1230 : DATA 0,0,0,0

BERAKNINGSRISULTAT

HOMOGENT U-VARDE .5479452 W/(m2K)

LINJART U-VARDE .6428949 W/(mK)

U-VARDE ENL BER .9923667 W/(m2K)

LAGSTA YTTEMPERATUR PA INSIDAN = $T_i - (T_i - T_u)X$.2568413

INGAENDE LINJARA VARMEMOTSTAND

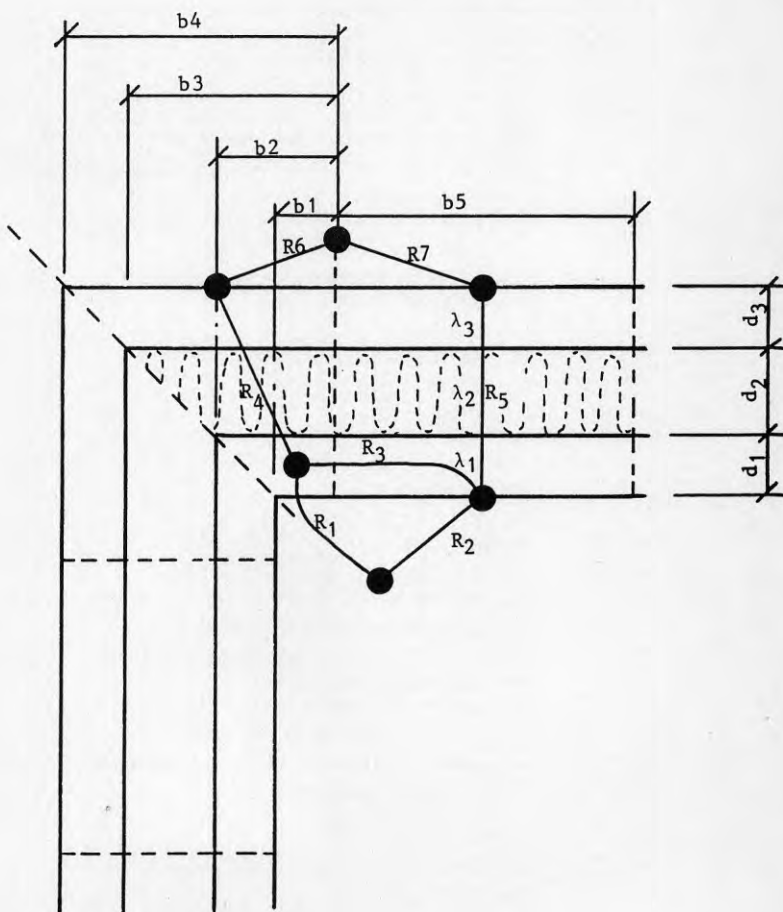
R1= .4166667 mK/W
R2= .6666667 mK/W
R3= .9371426 mK/W
R4= .05 mK/W
R5= 1.575 mK/W
R6= .2 mK/W
R7= .3423504 mK/W
R8= .5582747 mK/W

Beräkning avslutad

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

D2 - Hörnkonstruktioner

Figur 21 visar ett isolerat hörn utan särskild köldbrygga.



Figur 21 - Hörnkonstruktioner

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

```

20 : REM styrning av printer
25 : LPRINT CHR$(27);CHR$(33)
30 : REM *****
40 : REM
1000 : REM KOLDBRYGGOR I BYGGNADSKONSTRUKTIONER
1010 : REM
1020 : REM BERAKNING ENLIGT SVENSK STANDARD XX XX XX
1030 : REM
1040 : REM ISOLERADE HÖRNKONSTRUKTIONER
1050 : REM
1080 : REM VER 1987-08-08 GUÐNI JÓHANNESSON MACKINTOSH SE
1090 : REM Microsoft Basic
1100 : REM*****
1110 : REM INDATA
1120 : REM DIMENSIONER
1130 : READ B1,B2,B3,B4,B5,D1,D2,D3
1140 : DATA 1,2,35,45,5,1,15,1
1150 : REM VARMELEDNINGSDATA
1160 : READ L1,L2,L3
1170 : DATA 15,04,6
1180 : REM VARMEÖVERGANGSDATA UTE OCH INNE
1190 : READ H1,H2
1200 : DATA 20,5
1210 : REM TILLAGGSMOTSTAND
1220 : READ M1
1230 : DATA 0
1240 : REM*****
1250 : REM BERAKNING AV RESISTANSER
1270 : R1=1/B1/H2+M1+LOG((B1+B2)/2/D1)*D1/2/L1/((B1+B2)/2-B1)
1280 : R2=1/H2/B5
1300 : R3=(B1/2/L1/D1+SQR(.4+L1*(1/H2)/D1))/L1
1310 : R4=LOG(B2/(B1+B2)*2)*D1/2/L1/(B2/2-B1/2)+
1315 : R4=R4+LOG(B3/B2)*D2/L2/(B3-B2)+LOG(B4/B3)*D3/L3/(B4-B3)
1320 : R5=(D1/L1+D2/L2+D3/L3)/B5
1330 : R6=1/B4/H1
1340 : R7=1/B5/H1
1360 : REM TRANSFORMERADE RESISTANSER
1370 : Z=R1+R2+R3
1380 : Z1=R1*R2/Z
1390 : Z2=R1*R3/Z
1400 : Z3=R2*R3/Z
1450 : REM TOTAL RESISTANS
1460 : R=Z1+1/(1/(Z2+R4+R6)+1/(Z3+R5+R7))
1470 : REM U-VARDE
1480 : U=1/(R*(B1+B5))
1490 : REM HOMOGENT U-VARDE
1500 : U2=1/(R2+R5+R7)/B5
1510 : REM KOLDBRYGGANS LINJARA U-VARDE
1520 : U1=1/R-1/(R2+R5+R7)/B5*(B1+B5)
1530 : REM BERAKNING AV REFERENSTEMPERATUR
1540 : T1=1-Z1/R

```

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

.560 : REM REFERENSTEMPERATUR
 1570 : $T3 = T1 * (R6 + R4) / (Z2 + R6 + R4)$
 1580 : REM BERÄKNING AV YTTEMPERATURFÖRHÅLLET E
 1590 : $E = T3 + (1 - T3) * (1 - 1/H2/B2/R1)$
 1600 : REM UTSKRIFT AV RESULTAT
 1620 : REM
 1630 : LPRINT "Beräkning av koldbrygga enligt SS xx xx xx"
 1640 : LPRINT "Isolerad hornkonstruktion"
 1660 : LPRINT "Indata"
 1670 : LLIST 1100-1240
 1700 : LPRINT "BERÄKNINGSRESULTAT FÖR HELA HORNEN"
 1710 : LPRINT
 1720 : LPRINT "HOMOGENT U-VARDE ";U2;" W/(m2K)"
 1730 : LPRINT
 1740 : LPRINT "LINJART U-VARDE ";U1;" W/(mK)"
 1750 : LPRINT
 1760 : LPRINT "U-VARDE ENL BER ";U;" W/(m2K)"
 1770 : LPRINT
 1780 : LPRINT "LAGSTA YTTEMPERATUR PÅ INSIDAN = $T_i - (T_i - T_u)X$ ";1-E
 1790 : LPRINT
 1800 : LPRINT "*****"
 1810 : LPRINT
 1820 : LPRINT "INGÅENDE LINJARA VÄRMEMOTSTÅND"
 1830 : LPRINT "R1= ";R1;" mK/W"
 1840 : LPRINT "R2= ";R2;" mK/W"
 1850 : LPRINT "R3= ";R3;" mK/W"
 1860 : LPRINT "R4= ";R4;" mK/W"
 1870 : LPRINT "R5= ";R5;" mK/W"
 1880 : LPRINT "R6= ";R6;" mK/W"
 1890 : LPRINT "R7= ";R7;" mK/W"
 1910 : LPRINT "Beräkning avslutad"
 1920 : REM
 1930 : LPRINT "*****"
 1940 : LPRINT
 1950 : END

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTRELIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

```

Beräkning av koldbrygga enligt SS xx xx xx
Isolerad hornkonstruktion
Indata
1100 : REM*****
1110 : REM INDATA
1120 : REM DIMENSIONER
1130 : READ B1,B2,B3,B4,B5,D1,D2,D3
1140 : DATA .1,.2,.35,.45,.5,.1,.15,.1
1150 : REM VARMELEDNINGSDATA
1160 : READ L1,L2,L3
1170 : DATA 1.5,.04,.6
1180 : REM VARMEÖVERGANGSDATA UTE OCH INNE
1190 : READ H1,H2
1200 : DATA 20,5
1210 : REM TILLAGGSMOTSTAND
1220 : READ M1
1230 : DATA 0
1240 : REM*****
BERÄKNINGSRESULTAT FÖR HELA HORNET

HOMOGENT U-VARDE .2362205 W/(m2K)

LINJART U-VARDE 3.722887E-02 W/(mK)

U-VARDE ENL BER .2982686 W/(m2K)

LAGSTA YTTEMPERATUR PÅ INSIDAN = Ti-(Ti-Tu)X 3.917444E-02

*****

INGÅENDE LINJARA VARMEMOTSTAND
R1= 2.27031 mK/W
R2= .4 mK/W
R3= 1.451495 mK/W
R4= 14.60104 mK/W
R5= 7.966667 mK/W
R6= .1111111 mK/W
R7= .1 mK/W

Beräkning avslutad
*****

```

FÖRSLAG SOM SKALL BEARBETAS YTTERLIGARE FÅR EJ ÅBEROPAS SOM SVENSK STANDARD

BILAGA E - Standardfall för testning av datorprogram

(Denna bilaga är inte del av standarden)

Standardfallet utgörs av konstruktionsexemplet
i bilaga D1, figur 20.

Dimensioner och materialdata för konstruktionen är
enligt följande.

$b_1 = 0,1$	$b_2 = 0,05$	$b_3 = 0,2$	$d_1 = 0,2$	$H = 1,2$	m
$\lambda_1 = 0,0$	$\lambda_2 = 1,5$	$\lambda_3 = 1,5$	$\lambda_4 = 1,5$		W/(m·K)
$\lambda_5 = 1,5$	$\lambda_6 = 0,8$	$\lambda_7 = 0,04$	$\lambda_8 = 1,0$		W/(m·K)
$h_1 = 5$	$h_2 = 20$				W/(m ² ·K)

Resultat:

Beräkningssnittets globala värmekonduktans $\Lambda_g = \dots\dots\dots$ W/K

Köldbryggans värmekonduktans i beräkningssnittet $\Lambda_{gb} = \dots$ W/K

Köldbryggans linjära värmekonduktans $\Lambda_{lb} = \dots\dots\dots$ W/(m·K)

Yttemperaturförhållandet $E = \dots\dots\dots$ (-)

MA/IJ

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
860250-0 från Statens Råd för Byggnadsforskning
till Byggstandardiseringen, Stockholm.**

R34: 1989

ISBN 91-540-5030-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6709034

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

Cirka pris: 40 kr exkl moms