


Projektnummer D4.089.00	Kund Lätta, självbärande karossmoduler	Rapportnummer SICOMP TN06-003			 SICOMP
Datum 2006-05-22	Referens	Revision			
Registrerad	Utfärdad av PL	Granskad av RLu	Godkänd av AH	Klassificering Öppen	

Beräkning av U-värde för hus

Peter Lundmark^a

^aSICOMP AB, Box 271, SE-941 26 Piteå

Sammanfattning

I denna rapport beskrivs hur U-värdet för ett hus beräknas. Rapporten är en sammanfattning av "Byggboken flik 7. Byggregler och isolerteori, mars 1996".

Nyckelord: U-värde

Distributions lista (endast för konfidentiella rapporter)

Organisation	Namn	Kopior
--------------	------	--------

Innehåll

	Sida
1. Inledning	3
2. Metod	3
3. Exempel på formulär	12
4. Referenser	13
Bilagor	antal sidor
Bilaga 1. Kalkylblad för beräkning av den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten	1

1. Inledning

Denna rapport är utarbetad inom projektet ”Lätta, självbärande karossmoduler”, VINNOVAs diarienummer 2004-00720, projektnummer P25335-1.

Målet med projektet är att reducera strukturvikten med 30% på ett antal självbärande karossmoduler genom att utveckla nya kostnadseffektiva design- och materialkoncept med sandwichteknik. En av de utvalda modulerna är ett moduluppbyggt fritidshus.

I denna rapport beskrivs hur beräkningen av värmeisoleringsförmågan för ett hus kan göras.

2. Metod

Här nedan finns de steg som behövs för en fullständig U-värdesberäkning av en byggnad beskrivna. Denna rapport är en sammanfattning av [1]. Ett exceldokument, se bilaga 1, är framtaget för att på ett enkelt sätt kunna beräkna U-värdet för en byggnad.

Till att börja med så måste två grundbegrepp förklaras:

λ_{kl} är den klassificerade värmekonduktiviteten [W/m °C]

λ_p är den praktiskt tillämpbara värmekonduktiviteten [W/m °C]

1. Hitta λ_{kl} för alla ingående material (datatablad)
2. Beräkna λ_p genom att eventuellt korrigera för fuktig miljö genom att addera $\Delta\lambda_w$ för alla ingående material. $\Delta\lambda_w$ kan fås ur Tabell 1.

$$\lambda_p = \lambda_{kl} + \Delta\lambda_w \quad (1)$$

Tabell 1. $\Delta\lambda_w$ för olika fuktiga miljöer

Användningsområde	$\Delta\lambda_w$ W/m°C	Miljö
Utvändig, regnskyddande miljö 70–98 % relativ luftfuktighet * Mineralull * Cellplast * Trällsplatta * Cellulosafiber * Lättbetong 300 * Lättbetong 600 * Lättklinker	0 0 0,002 0,002 0,006 0,008 0,005	I
Utvändig, oskyddad miljö 100 % relativ luftfuktighet * Mineralull * Cellplast * Trällsmatta * Lättbetong 300 * Lättbetong 600	0 0 0,003 0,010 0,012	II
Källarväggisolerings, isolering under platta på mark * Mineralull * Cellplast * Lättbetong 300 * Lättbetong 600 * Lättklinker	0 0 0,018 0,036 0,010	III
Isolering omgiven av jord på båda sidor t ex tjällisolering * Mineralull * Expand. cellplast (densitet ≥ 30 kg/m ³) * Extruderad cellplast med gjuthud	0 0,013 0,004	IV
Omvända tak isolerade med XPS i falsade skivor och med genom- släpplig fiberduk Öppen överbyggnad * Singel, skivor i ett lager * Singel, skivor i två lager Tät överbyggnad * Gångbanelplattor i sättgrus * Takterrass med matjord * Parkeringsdäck av betong	 0,001 0,003 0,008 0,008 0,008	V

3. Beräkna värmemotståndet R_T (svensk standard SS 02 42 02)

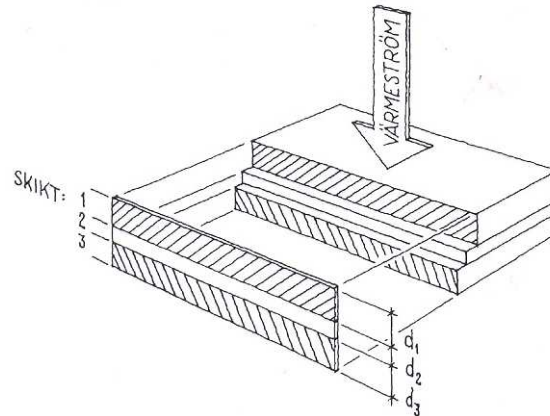
Byggdelar med homogena materialskikt

$$R_T = R_{si} + d_1/\lambda_{p1} + d_2/\lambda_{p2} + d_3/\lambda_{p3} + \dots + R_{se} \quad (2)$$

d_i är tjockleken för de olika materialen, se Figur 1.

R_{si} är övergångsmotståndet vid insidan [m² °C/W], $R_{si} = 0.13$

R_{se} är övergångsmotståndet vid utsidan [m² °C/W], $R_{se} = 0.04$



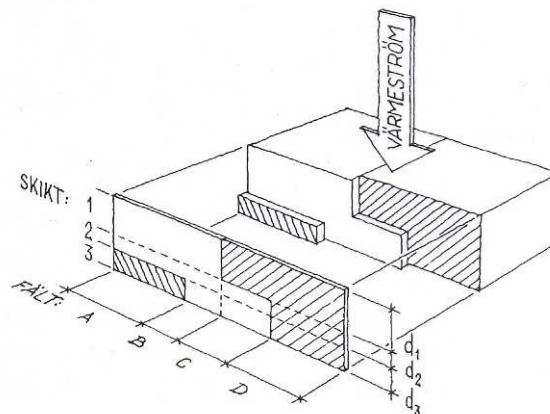
Figur 1. Geometri för homogen struktur

Byggsdelar med icke homogena materialskikt

Att beräkna det totala värmemotståndet i icke homogena byggsdelar är mer komplicerat. Man använder två sätt: U-värdesmetoden och λ -värdesmetoden. För att få fram ett korrekt värde på R_T så ska man enligt svensk standard räkna enligt båda metoderna och sen ta medelvärdet av resultaten.

a) U-värdesmetoden (ger R_T)

När man använder denna metod så delar man in byggnaden i flera fält, tvärs genom konstruktionen. I Figur 2 är dessa kallade A-D.



Figur 2. Geometri för icke homogen struktur, U-värdesmetoden.

För varje fält beräknar man totala U-värdet från luft till luft. Se varje fält som en byggsdel med homogena skikt.

Fält A:

$$R_{TA} = R_{si} + d_1/\lambda_{pA1} + d_2/\lambda_{pA2} + d_3/\lambda_{pA3} + R_{se} \quad (\lambda_{pA1} = \lambda_{pA2}) \quad (3)$$

Fält B:

$$R_{TB} = R_{si} + d_1/\lambda_{pB1} + d_2/\lambda_{pB2} + d_3/\lambda_{pB3} + R_{se} \quad (\lambda_{pB1} = \lambda_{pB2} = \lambda_{pB3}) \quad (4)$$

Gör motsvarande för skikt C och D invertera dem så att man får U-värdet för varje fält.

$$U_A = 1/R_{TA} \text{ osv.} \quad (5)$$

Hela konstruktionens sammanvägda U-värde får man enligt:

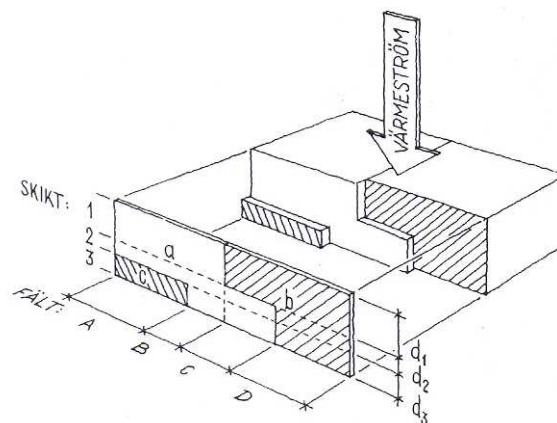
$$U' = p_A \cdot U_A + p_B \cdot U_B + p_C \cdot U_C + p_D \cdot U_D \quad (6)$$

där p_i är fältens andel av totalytan

Hela konstruktionens värmemotstånd, R_T' , får man om man inverterar U' .

b) λ -värdemetoden (ger R_T'')

När man räknar med λ -värdemetoden så delar man in byggdelen i flera materialskikt, längs med konstruktionen, se Figur 3.



Figur 3. Geometri för icke homogen struktur, λ -värdemetoden.

För varje skikt beräknar man ett sammanvägt λ -värde. Börja med skikt 1 och räkna fält för fält med formeln:

$$\lambda_1 = p_A \cdot \lambda_{pA1} + p_B \cdot \lambda_{pB1} + p_C \cdot \lambda_{pC1} + p_D \cdot \lambda_{pD1} \quad (7)$$

När man har λ -värden för varje skikt och kan alltså se hela konstruktionen som en hel byggdél med homogena materialskikt. Detta ger:

$$R_T'' = R_{si} + d_1/\lambda_{p1} + d_2/\lambda_{p2} + d_3/\lambda_{p3} + R_{se} \quad (8)$$

R_T antas vara medelvärdet av de två metoderna.

$$R_T = (R_T' + R_T'')/2 \quad (9)$$

4. Beräkna det praktiskt tillämpbart väremotstånd R_p genom att korrigera beräknat R_T för fuktig miljö, se Tabell 2.

$$R_p = R_T - \Delta R_w \quad (10)$$

Tabell 2. ΔR_w för fuktig miljö.

Användningsområde	ΔR_w m ² °C/W
Mineralull	
* Platta på mark	0
* Källaryttervägg	0,20
* Mark på båda sidor t ex tjälisolering	0,40
EPS dräneringsskiva mot källaryttervägg	0,20

5. Bestäm korrektionen ΔU_f för inverkan av fästningarna

$$\Delta U_f = \frac{\alpha \cdot \lambda_j \cdot n \cdot A_j}{d_i} \quad (11)$$

där

α väljs ur Tabell 3

λ_j är stålets värmekonduktivitet [W/m °C]

n är antal infästningar per m²

A_j är infästningarnas tvärsnittsarea i m²

d_i är isolerskiktets tjocklek i m

Tabell 3. Koefficienter för fästordningar.

Fästordningar mellan materialen	α
Murkramlor mellan tegel och trä	0
Murkramlor mellan tegel och betong	0,5
Armering mellan betong och betong	0,6
Plåtskruv mellan papp och plåt	0,6
D:o försänkt med plasthylsa	0,4
Plåt mellan bandplåt och plåt	0,7
Plåtskruv mellan plåt och plåt	0,8

6. Bestäm den generella korrektionen ΔU_g för arbetsutförande, se Tabell 4

Tabell 4. ΔU_g generellt påslag för olika konstruktioner.

Byggnadsdel	ΔU_g W/m² °C
Väggar, golv, tak	0,02
Fönster	0,15
Dörrar och portar med $U > 0,6$	0,10
Dörrar och portar med $U \leq 0,6$	0,02

7. Bestäm korrektionen ΔU_k för konstruktiv utformning, se Tabell 5

Tabell 5. Påslag för konstruktiv utformning **ΔU_k påslag för konstruktiv utformning****1. $\Delta U_k = 0$**

Konstruktioner med ett eller flera dimensionsstabila isolerskikt som är obrutna av andra material och utan genomgående skarvar. Inga ledningsdragningar förekommer i isoleringen.

Hit räknas:

- Sandwich-element med isolering utan genomgående skarvar och utan tvärförbindningar.
- Falsade skivor eller flera isolerskikt med förskjutna skarvar exempelvis under golv på mark, utvändigt källarväggsisolering, utvändigt takisolering, OT-tak, DUO-tak etc.
- Fönster, dörrar och portar.

2. $\Delta U_k = 0,01$

Konstruktioner med ett eller flera dimensionsstabila isolerskikt med genomgående skarvar eller förbindningar som endast i ringa utsträckning kan försämra värmeisoleringens funktion.

Till denna grupp hör:

- Sandwich-element med kantreglar och vissa avstyvande regler eller andra typer av förbindningar, armeringsstegar, kramlor eller dylikt mellan yttre och inre skivan.
- Utvändigt isolering endast punktvis genombruten av speciellt anpassade fästdon och så att isoleringen trycks utan luftmellanrum mot den varma väggytan.
- Motgjuten isolering.
- Minst 30 mm tjock obruten isolering t ex Rockwool Västskivskiva eller Rockwool Skalmursskiva monterad på träregelstomme isolerad med regelskiva.
- Träregelkonstruktioner med korslagda regler, om något skikt innehåller minst 45 mm isolering i anslutning till huvudisoleringen.
- Konstruktioner med lättreglar av trä, typ Rockwool Lättregel.
- Lösutfyllnadsisolering på vindsbjälklag med normal förekomst av stolpar, underramar eller andra hinder.

3. $\Delta U_k = 0,02$

Konstruktioner med normal risk för springor och spalter i isoleringen.

Hit räknas:

- Vindsbjälklag isolerat med skivor eller mattor som genombryts av diagonaler, stödben etc.
- Vägg-, tak- och golvkonstruktioner med massiva genomgående träreglar, underramar etc, vilka skarvats med spikplåtar som underlättar isoleringsarbetet.
- Plåtkonstruktioner.

4. $\Delta U_k = 0,04$

Konstruktioner med isolering i ett skikt med genomgående skarvar och då arbetsutförandet försvåras väsentligt genom olika typer av genomföringar, ledningar eller andra hinder. Stor risk för springor och spalter, dvs dålig utfyllnad.

Hit räknas:

- Skarvning av bjälkar underramar, diagonaler etc med skarvbrädor så att isoleringens anpassning försvåras.
- Skalmurar med kramlor där hela isolerskikt monteras i samband med murning.

8. Bestäm korrektionen ΔU_w för nederbörd och vind vid omvänt tak, se Tabell 6
Tabell 6. Korrektionstermen ΔU_w för olika fuktiga miljöer.

Andel i % av det totala värmemotståndet som befinner sig under tätskiktet	< 20	20 - 40	40 - 60	> 60
Konstruktionstyp				
Öppen överbyggnad				
Singel eller gångbaneplattor på klossar med skivor i ett eller två lager	0,05	0,03	0,02	0
Tät överbyggnad				
Gångbaneplattor i sättgrus	0,02	0,01	0	0
Takterrass med matjord	0,02	0	0	0
Parkeringsdäck av betong	0,01	0	0	0

9. Räkna fram praktisk tillämpbar värmegenomgångskoefficient U_p

$$U_p = 1/R_p + \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_k + \Delta U_w \quad (12)$$

10. Beräkning av den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten U_m

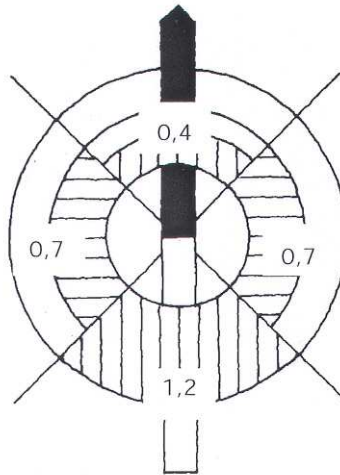
$$U_m = \frac{\sum U_i \cdot A_i}{A_{om}} \quad \text{där } U_i = a_1 \cdot a_2 \cdot (U_p - a_3) \quad (13)$$

a_1 är markfaktorn. Den är 0.75 för alla byggnadsdelar mot mark (1.0 i övrigt)

a_2 är temperaturfaktorn. $a_2 = (t_{inne} - t_{ute})/18$. t_u väljs till 2 °C

a_3 är solavdraget. Väljs till 0.7 om inte husets orientering är känd. Annars används Figur 4.

A_i är byggdelen's invändiga area. För dörrar och fönster ska man räkna med karmyttermått.



Figur 4. a_3 för olika vädersträck.

11. Beräkna kravet på den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten (U_m)

Den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten får inte överskrida följande värde:

$$U_{m,krav} = 0.18 + 0.95 \cdot A_f/A_{om} \quad \text{för bostäder} \quad (14)$$

$$U_{m,krav} = 0.24 + 0.95 \cdot A_f/A_{om} \quad \text{för offentliga lokaler} \quad (15)$$

Vid bestämning av $U_{m,krav}$ för en byggnad ska man använda byggnadens verkliga fönsterarea, inklusive dörrar och portar. A_f är den minsta av byggnadens verkliga fönsterarea, inklusive dörrar och portar eller 18% av den totalt uppvärmda bostadsarean. A_{om} är byggnadens totala omslutningsarea som gränsar mot inneluft.

12. Kontroll mot normens krav

Villkoret är:

$$U_m \leq U_{m,krav} \quad (16)$$

3. Exempel på formulär

Beräkning av U_m och $U_{m,krav}$

Objekt:

Markfaktor $a_1 = 0,75$ för källarväggar, källargolv, platta på mark och kryppgrund, annars = 1.

Temperaturfaktor $a_2 = (t_i - t_o) / 18$. Normalt sätts $t_i = +20^\circ\text{C}$ och $t_o = +2^\circ\text{C}$. Då blir $a_2 = 1$.

Solavdrag $a_3 = 0,4, 0,7$ eller $1,2 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ beroende på fönsterorientering. Alternativt $0,7$ för alla fönster.
Avdrag medges endast för fönsterareor $\leq 15\%$ av A_{upp}

Byggnadsdel	Area (A_i) m ²		U_p W/m ² ·°C	a_1	a_2	a_3	$U_i = a_1 \cdot a_2 \cdot (U_p - a_3)$	$U_i \cdot A_i$ W/°C
	Bostad	Lokal						
Tak				1		0		
Vägg				1		0		
Källarvägg				0,75		0		
Golv				0,75		0		
Fönster				1				
Dörr				1		0		
$A_{\text{om}} =$				Summa $U_i \cdot A_i =$				

$$U_m = \frac{\text{Summa } (U_i \cdot A_i)}{A_{\text{om}}^b + A_{\text{om}}^l} = \dots \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

Bostäder (b)

18 % av total uppvärmd bostadsarea =

Total fönster och dörrarea i bostad =

$A_f^b =$ den minsta av ovanstående areor =

$$U_{m,krav}^b = 0,18 + 0,95 \cdot \frac{A_f^b}{A_{\text{om}}^b} = \dots$$

Lokaler (l)

18 % av total uppvärmd lokalarea =

Total fönster och dörrarea i lokal =

$A_f^l =$ den minsta av ovanstående areor =

$$U_{m,krav}^l = 0,24 + 0,95 \cdot \frac{A_f^l}{A_{\text{om}}^l} = \dots$$

Om byggnaden innehåller både bostäder och lokaler gäller:

$$U_{m,krav} = \frac{U_{m,krav}^b \cdot A_{\text{om}}^b + U_{m,krav}^l \cdot A_{\text{om}}^l}{A_{\text{om}}^b + A_{\text{om}}^l} = \dots \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

Kravet är uppfyllt om $U_m \leq U_{m,krav}$

4. Referenser

1. Byggboken flik 7. Byggregler och isolerteori. Mars 1996.

Bilaga 1. Kalkylblad för beräkning av den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten

Beräkning av U-värde för hus

 ti 20.000
 tu 2.000

VÄGG	d	λ_{kl}	$\Delta\lambda_w$	λ_p	dUf	dUg	dUk	dUw	ΔR_w
ytskikt insida	0.008	0.130	0.000	0.130	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000
xps	0.020	0.031	0.000	0.031					
eps	0.200	0.033	0.000	0.033					
ytskikt utsida	0.001	220.000	0.000	220.000					
gips	0.006	0.230	0.000	0.230					
Rsi	0.130								
Rse	0.040								
Rp	6.963								
Up	0.154								
Area	246.000								
a1	1.000								
a2	1.000								
a3	0.000								

TAK	d	λ_{kl}	$\Delta\lambda_w$	λ_p	dUf	dUg	dUk	dUw	ΔR_w
ytskikt insida	0.008	0.130	0.000	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
xps	0.000	0.031	0.000	0.031					
eps	0.265	0.033	0.000	0.033					
ytskikt utsida	0.001	50.000	0.000	50.000					
Rsi	0.100								
Rse	0.040								
Rp	8.192								
Up	0.122								
Area	219.000								
a1	1.000								
a2	1.000								
a3	0.000								

GOLV	d	λ_{kl}	$\Delta\lambda_w$	λ_p	dUf	dUg	dUk	dUw	ΔR_w
ytskikt insida	0.008	0.130	0.000	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
xps	0.000	0.035	0.000	0.035					
eps	0.220	0.035	0.000	0.035					
ytskikt utsida	0.001	50.000	0.000	50.000					
Rsi	0.170								
Rse	0.040								
Rp	6.517								
Up	0.153								
Area	203.000								
a1	0.750								
a2	1.000								
a3	0.000								

FÖNSTER	Up	Area	a1	a2	a3
Up	1.800				
Area	65.000				
a1	1.000				
a2	1.000				
a3	0.700				

DÖRRAR	Up	Area	a1	a2	a3
Up	1.000				
Area	0.000				
a1	1.000				
a2	1.000				
a3	0.000				

SAMMANSTÄLLNING	Area	Up	a1	a2	a3	Ui	Ui*Ai
VÄGG	246.000	0.154	1.000	1.000	0.000	0.154	37.788
TAK	219.000	0.122	1.000	1.000	0.000	0.122	26.734
GOLV	203.000	0.153	0.750	1.000	0.000	0.115	23.361
FÖNSTER	65.000	1.800	1.000	1.000	0.700	1.100	71.500
DÖRR	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000
	733.000						159.382
Um	0.217						
Um krav	0.227						
18% av golvarea	36.540						välj minsta av dessa
fönster + dörr area	65.000						