

Energirigtigt byggeri iht. Bygningsreglementet 2010

Varme tips - isoler strategisk og spar på anlægsudgifterne

Skærpede krav til varmeisolering af nye bygninger er indført i Bygningsreglement 2010. Fokus er rettet mod at begrænse bygningernes behov for tilført energi. Det kan bl.a. ske ved at minimere varmetabet fra konstruktionerne og i videst muligt omfang at undgå kuldebroer i de færdige konstruktioner.

Byg traditionelt, men tænk på kuldebroer – og overophedning

Mere isolering alene giver ikke sikkerhed for forventet nedsættelse af energiforbruget fra bygningerne, og manglende hensyntagen til kuldebroers indflydelse kan sætte alle gode intentioner over styr.

Selv med de nye skærpselser i reglementet, kan ydervægge i vid udstrækning udføres med moderate tykkelser. 408 mm kan være tilstrækkeligt. Navnlig for enfamiliehuse kan det være en fordel at optimere konstruktionerne, så tykkelsen af facaden begrænses. Vigtige forudsætninger er, at kuldebroernes omfang reduceres og at overophedning undgås, blandt andet ved at udnytte varmekapaciteten i tunge indervægge.

Bygningsreglementets krav

Bygninger der opvarmes til mindst 5 °C, skal opføres således, at bestemmelserne i kapitel 7, Energiforbrug er overholdt. Dokumentation af, at kravene er overholdt, sker ved udarbejdelse af et energimærke, iht. reglerne i Energistyrelsens bekendtgørelse herom, bek. 228 af 7. april 2008.

Nye bygninger

For nye bygninger opvarmet til mindst 5 °C kan kravene i korthed oplyses som

- at behovet for tilført energi ikke overstiger energirammen
- at varmetabet gennem klimaskærmen overholder varmetabsrammen (for f.eks. boliger i 1 etage, at "5 W-regel" er opfyldt)
- at, kravene til mindste varmeisolering iht. kap. 7.6 er overholdt
- udstedt energimærke
- evt. eftervisning af, at krav til bygningers tæthed iht. kap. 7.2.1 stk. 4 er opfyldt

Energirammen. Nye bygninger.

Energirammen sætter en øvre grænse for hele bygningens energiforbrug, til opvarmning, ventilation, køling, varmt brugsvand og (for visse bygninger) belysning. Summen af tilført energi udregnes efter fastlagte regler, og udregningen vægtes efter hvilken primær energi (fx fjernvarme, olie, gas, el mv.), der benyttes.

Energirammen angives i kWh/m² pr år i forhold til bygningens opvarmede areal A. Energirammen er fastsat afhængig af, hvad bygningen anvendes til. Lavenergirammen er frivillig indtil 2015, hvorefter denne ramme vil være det nye krav til alle nye bygninger.

Tabel 1. Energirammer. Enhed: kWh/m² pr år

Bygningstype	Energirammen	Lavenergirammen (krav fra 2015)
7.2.2 Boliger, kollegier, hoteller mv.	52,5 + 1650/A	30 + 1000/A
7.2.3 Kontorer, skoler, institutioner m.m.	71,3 + 1650/A	41 + 1000/A

Energirammen for småhuse, etageboliger, kollegier, hoteller mv. må således ikke overstige 52,5 kWh/m² opvarmet etageareal pr. år tillagt 1650 kWh pr. år divideret med det opvarmede etageareal.

På ”formel” ser energirammen således ud: $52,5 + \frac{1650}{A}$ kWh/m² pr. år.

Varmetabsramme, nye bygninger

Nye bygninger skal endvidere udformes, således at varmetabet gennem klimaskærmen, eksklusiv vinduer og døre, ikke overstiger ”Varmetabsrammen”. Varmetabsrammen er skærpet i det nye BR10, idet kravet generelt er nedsat med 1 W pr. m² klimaskærm.

Varmetabsrammen sætter en øvre grænse for bygningens dimensionerede transmissionstab. Transmissionstabet er den varmeenergi, som forsvinder ud af klimaskærmen, dvs. facader, tag, og terrændæk, men undtaget vinduer og døre.

- Transmissionstabet omfatter IKKE varmetabet ved ventilation, dvs. varmetabet pga. utætheder og luftskifte.

Der er til gengæld fastsat krav om maksimalt luftskifte.

Tabel 2: Varmetabsrammer, nye bygninger. Enhed: W pr. m² klimaskærm

Antal etager i bygningen	Varmetabsrammen (§7.2.1 stk. 8)	Lavenergirammen (§7.2.1 stk. 10)
1 etage	5	4
2 etager	6	5
3 eller flere etager	7	6

Eventuelle utætheder i klimaskærmen har betydning for varmetabets samlede størrelse, men dette varmetab er ikke en del af transmissionstabet. I stedet stiller Bygningsreglementet krav til nye bygningers tæthed. Tæthedskravet iht. kap. 7.2.1 stk. 4 er anført i tabel 3 nedenfor.

Tabel 3: Tæthedskrav

Maksimalt luftskifte gennem klimaskærmen (utætheder).	Generelt tætheds krav, nye bygninger	Krav for nye huse efter lavenergirammen
Målt ved en trykforskel på 50 Pa.	1,5 l/s pr. m ² opvarmet etageareal	1,0 l/s pr. m ² opvarmet etageareal

U-værdier og linietaf: krav til mindste varmeisolering

Bygningsreglementet stiller krav til de enkelte konstruktioners mindste varmeisolering, udtrykt ved U-værdien eller linietafet.

U-værdien for en konstruktion angiver størrelsen af transmissionstabet gennem konstruktionen. Tilsvarende angiver linietafet varmetabet gennem lineære "kuldebroer" som typisk er samlinger i bygningen.

Der er stillet særskilte krav til U-værdier både for nye bygninger og for om- og tilbygninger, samt for sommerhuse.

For nye bygninger skal kravene blot medvirke til at sikre komfort og undgå kondensproblemer. Det er varmetabsrammen som sikrer, at klimaskærmen som helhed er velisoleret.

I de øvrige tilfælde skal U-værdi kravet direkte sikre et velisoleret byggeri, hvorfor der her er stillet krav om noget lavere U-værdier.

En oversigt over U-værdier i BR2010 ses på side 6.

Tilbygninger og ændret anvendelse

For tilbygninger, og ved ændret anvendelse, hvor bygningen opvarmes til mindst 15 °C skal følgende overholdes

- enten, at kravene til mindste varmeisolering iht. kap. 7.3.2 er overholdt og det samlede areal af vinduer og døre mod det fri udgør højst 22% af det opvarmede areal i tilbygningen
- eller, at varmetabsrammen for tilbygningen eftervises, og de enkelte bygningsdele isoleres mindst svarende til kravene i kap. 7.6. (U-værdier for nye bygninger).

Varmetabsrammen for en tilbygning beregnes som det samlede varmetab fra tilbygningen beregnet ud fra U-værdier og linietaf iht. kap. 7.3.2, med tillæg af det varmetilskud, som kommer fra den gamle bygning. Sagt med andre ord virker varmetabet gennem den dækkede del af eksisterende bygning til gunst for varmetabsrammen for tilbygninger.

Ønsker man at øge enkelte U-værdier og/eller vinduesarealet, skal man altså påvise, at det samlede varmetab fra tilbygningen ikke bliver større, end hvis man havde overholdt kravene til de enkelte konstruktioner og det maksimale vindues- og dørareal.

Sommerhuse

Sommerhuse har deres egne krav til U-værdier og maksimalt vindues- og dørareal jf. kap. 7.5. Også her kan kravene fraviges, når man i stedet overholder en varmetabsramme beregnet for sommerhuset iht. krav til U-værdierne i kap. 7.6.

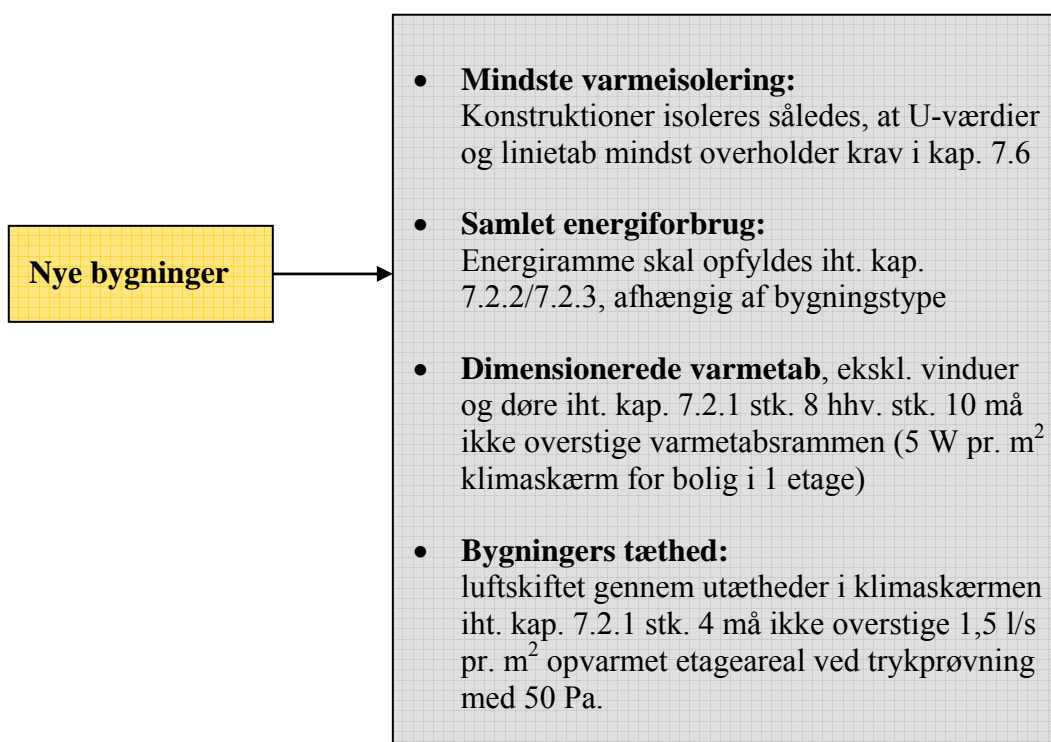
Ombygning

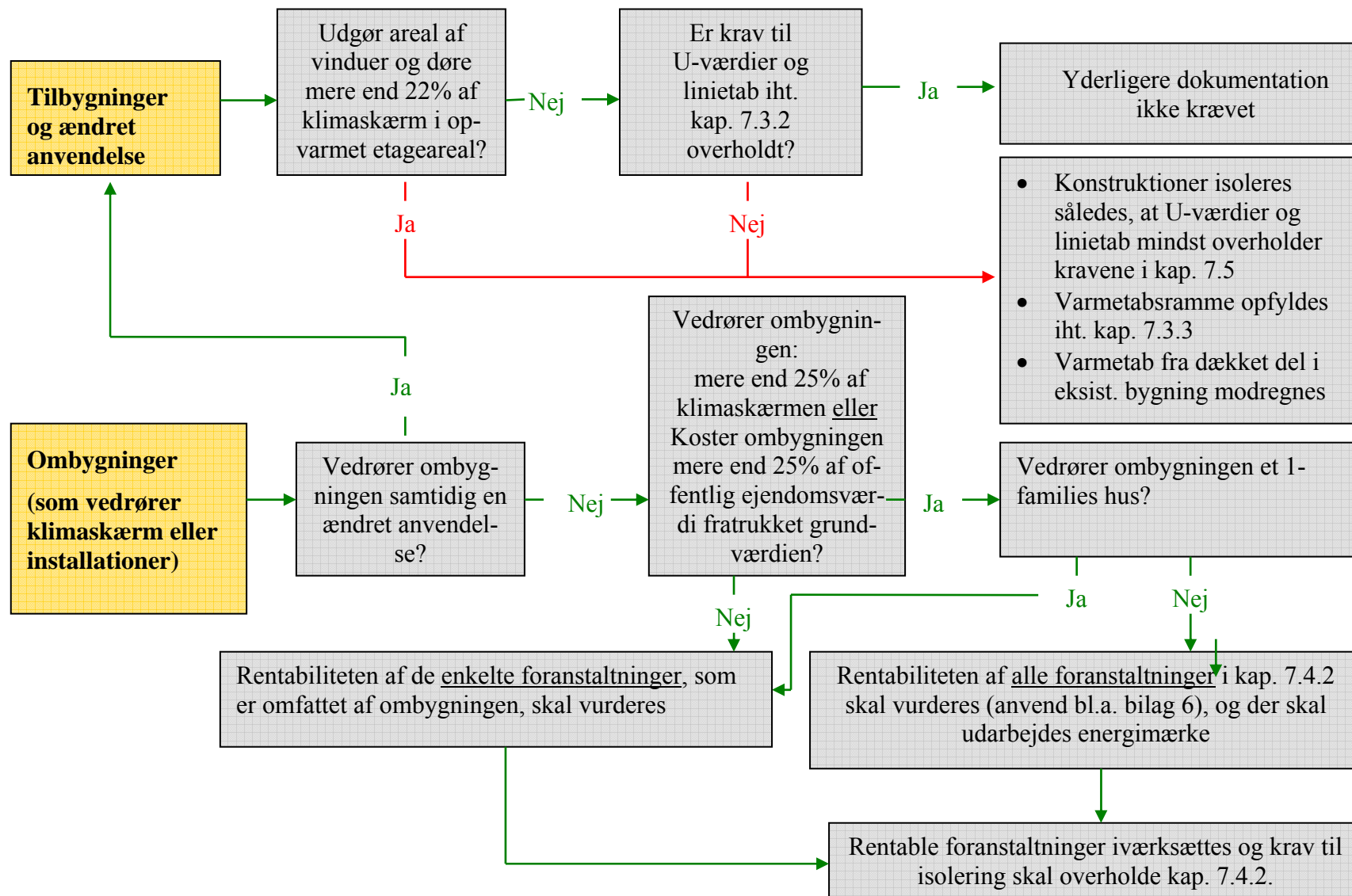
Der er stillet krav om maksimale U-værdier for en række enkeltforanstaltninger vedr. ombygning af klimaskærmen. Såfremt foranstaltningerne er rentable, skal de gennemføres, idet kravene i kap. 7.4.2 skal overholdes. Hvis omfanget af ombygningen

udgør mere end 25% af klimaskærmen eller hvis ombygningen koster mere end 25 % af offentlig ejendomsværdi fratrukket grundværdien, skal samtlige de nævnte foranstaltninger undersøges for rentabilitet, og rentable foranstaltninger skal gennemføres. Der er endvidere krav om udarbejdelse af energimærke i henhold til bekendtgørelse 228 fra Energistyrelsen. Dette gælder dog ikke 1-families huse. Selvstændige krav opstilles endvidere til lavenergibygninger, ændring af varmeinstallationen/kedler og udskiftning af vinduer. Kravene til vinduers energimæssige ydeevne strammes allerede i 2015. Hvis ombygningen samtidig vedrører en ændret anvendelse, skal reglerne i kap. 7.3 i stedet følges.

Skematisk illustration af bygningsreglementets krav

De krav, der gælder for nye bygninger, tilbygninger samt ombygninger og væsentlige forandringer (selvstændige krav opstilles endvidere til lavenergibygninger, ændring af varmeinstallationen/kedler og udskiftning af vinduer) kan skematisk opstilles som følger:





Oversigt over bygningsreglementets krav til U-værdier og linietaf

Nedenfor er i tabelform givet en oversigt over krav til U-værdier i forskellige situationer.

Tabel 4: Overblik over U-værdier. Enhed $W/m^2 K$

Konstruktionsdel Obs. teksten er let forkortet!	7.3 Ændret anvendelse og tilbygninger		7.4 Ombygning	7.5 Som-Sommerhuse	7.6 Nye bygninger:
	$T > 15$ $^{\circ}C$	$5^{\circ}C < T < 15$ $^{\circ}C$	7.4.2 Enkeltforanstaltninger		
Rum opvarmet til:					
U-værdier (W/m^2K)					
Ydervægge og kældervægge mod jord	0,15	0,25	0,20	0,25	0,30
Etageadskillelser og skillevægge mod rum med lavere temperaturer	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Terrændæk, kældergulve mod jord etc.	0,10	0,15	0,12	0,15	0,20
Etageadskillelser under gulve med gulvvarme, mod rum der er opvarmede	-	-	-	-	0,50
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge, flade tage og skråvægge direkte mod tag	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20
For yderdøre og vinduer mv.	1,40	1,50	1,65 *)	1,80 *)	1,80
Tagvinduer og ovenlys	1,70	1,80		-	-
Maksimalt vinduesareal, % af opvarmet bygningsareal	22 %	-	-	30 %	-
Linietaf (W/mK)					
Fundamenter omkring rum, der er opvarmet til mindst $5^{\circ}C$	0,12	0,20	0,12	0,15	0,40
Fundamenter omkring gulve med gulvvarme	-	-	-	-	0,20
Samling mellem ydervæg og vinduer eller yderdøre, porte og lemme	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
Samling mellem tagkonstruktion og vinduer i tag eller ovenlys	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20

*) Der stilles samtidigt krav om mindste varmetilskud fra vinduer samt andre krav til vinduer. Bemærk, at for ombygning træder visse skærpede krav i kraft for vinduer fra 2015.

U-værdier og varmetabsrammer i praksis

Kravene til U-værdi for konstruktioner i nye bygninger er ikke ret strenge, som nedenstående eksempler viser. Her er U-værdien for en række traditionelle ydermure i form af hulmure beregnet.

Tabel 5. Eksempler på U-værdier for udvalgte, typiske hule ydervægge

Generelt er der regnet med varmeisolering i hulmuren i form af mineraluld, λ-klasse 32 U-værdier:	U-værdi i W/m²K		
	340 mm 348 mm hul mur	400 mm 408 mm hul mur	460 mm 488 mm hul mur
Tykkelse af mineraluld i hulmuren:	125 mm	190 mm	250 mm
Formur: teglmursten 108 mm densitet 1800 kg/m ³ Bagmur: Teglmursten 108 mm densitet 1700 kg/m ³	0,23	0,16	0,12
Formur: teglmursten 108 mm densitet 1800 kg/m ³ Bagmur: Porebeton 100 mm, densitet 575 kg/m ³	0,20	0,14	0,11
Formur: teglmursten 108 mm densitet 1800 kg/m ³ Bagmur: letklinkerbetonblokke 100 mm, densitet 600 kg/m ³	0,21	0,14	0,11

Eksemplerne viser, at alle konstruktioner rigeligt overholder kravet til maksimalt varmetab på 0,30 W/m²k for ydervægge i nye bygninger. Selv en hulmur på 348 mm overholder nemt kravet.

Det derfor typisk varmetabsrammen, som er dimensionsgivende. Dette kan illustreres med en simpel overslagsberegning.

Varmetabet (Transmissionstabet) beregnes som den dimensionerende temperaturforskelle ganget med U-værdien.

Iht. DS 418 er de dimensionerende temperaturer: Udetemperatur = -12 °C og inde-temperatur = 20 °C. Det giver en temperaturforskelle på: 20 – (-12) = 32 °C

Det vil sige, at den gennemsnitlige U-værdi, uden hensyn til linietab, ved et parcelhus i ét plan er cirka:

$$5 \text{ W/m}^2 : 32 \text{ °C} = 0,16 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

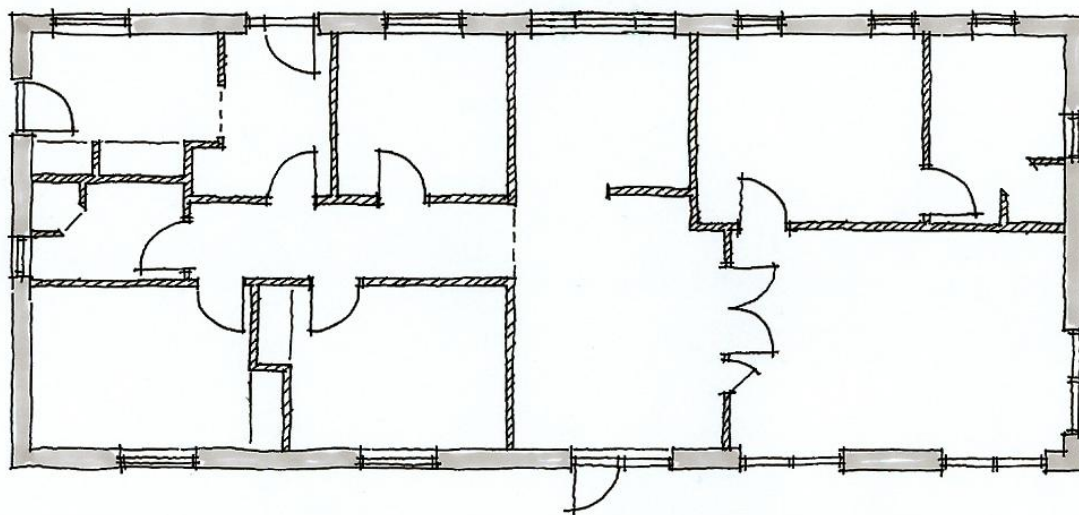
Man ser straks, at dette er væsentligt lavere end de U-værdi krav, som er fastsat for de enkelte konstruktioner i nye bygninger. Forklaringen er, som før nævnt, at disse maksimale U-værdier skal sikre komfort og eliminere kondens risiko på den enkelte konstruktion. På denne måde er der en vis frihed til at disponere, hvor isoleringsevnen ønskes optimeret.

Det betyder dermed også, at U-værdierne i gulv- og loftskonstruktionerne i praksis bliver lavere end bygningsreglementets højeste tilladte værdier i kap. 7.6.

Efterfølgende er varmetabsrammen illustreret ved beregning af et simpelt eksempel: en 1-plans bolig på 145 m².

Eksempel – varme- og linietaf fra konstruktioner med forskellig udformning

Der tages udgangspunkt i en rektangulær villa i et plan med bredde- og længdemål på $8,5 \times 17$ m, svarende til et hus med ca. 145 m^2 i grundplan i ydre mål. Eksemplet simplificeres, idet der ses bort fra indvendige skillevægge, konstruktionen regnes uden gulvvarme, og arealer mv. afrundes de fleste steder til nærmeste hele, regulære talværdi.



Forudsætninger iht. DS 418:

Rumtemperatur: $20 \text{ }^\circ\text{C}$; udetemperatur: $-12 \text{ }^\circ\text{C}$; jordtemperatur: $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Ydermur, fratrukket areal for vinduer og døre:

$\sim 100 \text{ m}^2$

False om døre og vinduer:

$\sim 75 \text{ lbm} / \sim 7,5 \text{ m}^2$

Sokkel ydre mål:

$\sim 51 \text{ lbm}$

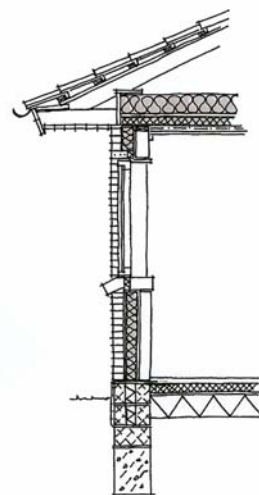
Loft og terrændæk:

$\sim 145 \text{ m}^2$

Ved varmetabsberegning indregnes ydre mål altid, hvilket vil sige 145 m^2 for beregning af varmetabet gennem loft hhv. terrændæk. Det samme gælder for beregning af det opvarmede areal. Men det faktiske boligareal er afhængigt af ydermurens tykkelse. Uden at medregne arealet af skillevægge, fås boligarealet i afhængighed af murens tykkelse som følger:

Murtykkelse	348 mm	408 mm	468 mm
Boligareal	127 m^2	124 m^2	121 m^2

Hvert "trin" på 60 mm som murtykkelsen øges med "koster" 3 m^2 bolig!



Det samlede varmetab gennem klimaskærmen, eksklusive døre og vinduer, beregnes for 4 simplificerede eksempler.

Konstruktionsopbygningen i de 4 eksempler følger af tabel 5 nedenfor.

Tabel 5.. Konstruktionsopbygning i de 4 eksempler

Konstruktioner:	Eksempel 1	Eksempel 2	Eksempel 3	Eksempel 4
Ydermur				
Hulmur tykkelse	348 mm	408 mm	408 mm	468
Formur	Tegl 110 mm	Tegl 110 mm	Tegl 110 mm	Tegl 110 mm
Bagmur	Tegl 110 mm	Tegl 110 mm	Tegl 110 mm	Tegl 110 mm
Mineraluld i hulmur	125 mm	190 mm	190 mm	250
Udmuring i false, kuldebroafbrydelse polystyren	50 mm	50 mm	Ingen udmuring	50 mm
Sokkel	330 mm	390 mm	390 mm	460 mm
Sokkelafslutning: Letklinkerblokke: Term blokke	1 skifte 1 skifte	1 skifte 1 skifte	0 skifte 2 skifte	0 skifte 2 skifte
Gulv				
Letklinker (λ -85)	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
Trykfast isolering	200 mm	200 mm	250 mm	200 mm
Beton	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
Kantisolering (λ -0,038)	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm
Loft:				
Gips	13 mm	13 mm	13 mm	13 mm
Spredt forskalling	-	-	-	-
Dampspærre	-	-	-	-
Isolering	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Tagrum	-	-	-	-

Beregning af varmetab i de 4 simplificerede eksempler er vist i tabel 6

Tabel 6. Beregning af varmetab

	Eksempel 1 348 mm hulmur		Eksempel 2 408 mm hulmur		Eksempel 3 408 mm hulmur		Eksempel 4 408 mm hulmur	
	U-værdi W/m ² K	Varmetab W	U-værdi W/m ² K	Varmetab W	U-værdi W/m ² K	Varmetab W	U-værdi W/m ² K	Varmetab W
Varmetab:								
Ydermur	0,23	736	0,16	512	0,16	512	0,12	384
Udmuring	0,50	120	0,50	120	0,0	0	0,50	120
Terrændæk	0,16	232	0,16	232	0,13	189	0,16	232
Loft	0,12	557	0,12	557	0,12	557	0,12	557
	Ψ W/mK		Ψ W/mK		Ψ W/mK		Ψ W/mK	
Linietaf:								
False	0,01*	0	0,01*	0	0,01*	0	0,01*	-
Sokkel	0,16	261	0,14	228	0,12	196	0,12	196
Samlet varmetab	1906		1659		1454		1489	
Klimaskærm m ² i alt	390		390		390		390	
**Kontrol 5 W regel	4,9 W		4,2 W		3,7 W		3,8 W	

* ”Bagatelgrænse”, som ikke indregnes.

** Samlet varmetab divideret med areal af klimaskærm.

De 4 eksempler er valgt med forholdsvis moderate isoleringstykkelser. Selv eksempel 1, med traditionel 348 mm hulmur og udmuring i false overholder 5 W kravet til klimaskærmens varmetab.

Effekten ved at gå fra 348 til 408 mm hulmur kan aflæses direkte i forholdet mellem eksempel 1 og 2, idet tykkelsen af hulumuren er den eneste ændring. Ændringen giver et fald i varmetabet på 13 %. Eller ca. samme størrelse som hele varmetabet gennem fundamentet.

Imidlertid kan eksemplet med 408 mm hulmur bringes helt ned under grænsen for lavenergibygninger, blot ved at fjerne udmuringer, isolere med ekstra 50 mm i terrændækket, og forbedre isolering af soklen. Disse 3 tiltag giver alene en reduktion på 12 % i varmetabet, fra eksempel 2 til eksempel 3. Dette opnås uden at ofre boligarealet.

Havde man i stedet valgt at øge hulumurens tykkelse til 468 mm (eksempel 4), uden at fjerne udmuringer og med samme isolering af terrændæk, giver det en mindre reduktion af varmetabet, men koster 3 m² af boligarealet.

Samtidigt giver den ekstra tykkelse af ydermuren en reduktion af lysindfaldet gennem vinduerne.

Af de viste eksempler fremgår det, at eksempel 1 og 2 overholder bygningsreglementets ”5 W regel”, mens eksempel 3 og 4 overholder lavenergirammen 4,0 W

Energirammen

Det er altså ikke noget større problem at opfylde varmetabsrammen. Herefter skal energirammen eftervises. I de aktuelle tilfælde, som i eksempel 1-4 omhandler en 1-plans bolig med forskellige konstruktionsudformninger gælder, at behovet for tilført energi ikke må overstige $52,5 + \frac{1650}{A}$ kWh/m² pr. år, hvor $A = 145$ m².

Behovet for tilført energi må således ikke overstige 63,9 kWh/m² pr. år

Varmetabet er fastsat ud fra dimensionerende ude- og indetemperaturer og kan ikke direkte omregnes til et årligt energiforbrug, hvor det faktiske varmetab beregnes ud fra en månedlig middeltemperatur.

Der er endvidere en række andre parametre, som bestemmer energiforbruget.

I boliger, hvor energiforbruget til belysning ikke skal indregnes, er de væsentligste kilder til energiforbrug:

- Varmetab gennem klimaskærmen
- Varmetab gennem vinduer og døre
- Varmetab som følge af ventilation (både via utætheder og det ønskede luftskifte)
- Energiforbrug til varmt brugsvand

Energibehovet beregnes iht. SBI anvisning 213 og beregningsprogrammet Be06 kan benyttes. Man skal være opmærksom på, at forbrug af el vægtes med en faktor 2,5 i det samlede energiforbrug. Desuden beregner programmet konsekvensen af en eventuel overophedning. Overophedning indgår i energiregnskabet på den måde, at den mængde el-energi, som skulle have været anvendt til at fjerne overtemperaturen, tillægges energiregnskabet, med en faktor 2,5. Dette gælder, uanset om bygningen er forsynet med et elektrisk kølesystem eller ej.

Ud over at fastlægge klimaskærmens konstruktioner og isolering, skal en lang række andre parametre fastlægges. Det gælder ikke mindst vinduer og døres omfang og placering samt energimæssige data. Hertil kommer forhold vedr. energiforsyning og ventilation. Alle disse forhold er ikke gennemgået i denne korte vejledning, men for at sætte varmetabet fra klimaskærmen i perspektiv i forhold til de øvrige parametre, er der foretaget nogle få overslagsberegninger for de 4 valgte eksempler.

I Be06 findes et beregningseksempel med en almindelig villa på 180 m². Eksemplet i Be06 er beregnet efter de gamle energi- og varmetabsrammer. Vinduers og døres U-værdier ligger på fra 1,37 til 1,67 W/m² K.

I beregningseksemplerne 1 til 4 er der taget udgangspunkt parametrene i denne villa, således at areal og omkreds samt vindues- og dør arealer er ændret, så det passer med "vores" eksempel. Arealet af vinduer og døre udgør i alt 43 m² eller 30 % af boligens opvarmede areal, hvilket er en relativt stor andel.

Der er valgt solvarme som supplement til det varme brugsvand, men derudover er der ikke foretaget særlige tiltag vedr. energiforsyningen. Der er ingen solafskærmning af vinduerne.

Nøgletal fra beregningerne ses i tabel 7 til 10 nedenfor.

Tabel 7: Dimensionerende varmetab i W/m^2 i forhold til boligens areal ($145 m^2$).

	Eks. 1	Eks. 2	Eks. 3	Eks. 4
Transmissionstab fra klimaskærm, eksklusive vinduer og døre	13,1	11,4	10,0	10,3
Transmissionstab fra vinduer og døre	13,8	13,8	13,8	13,8
Ventilationstab (om vinteren) W/m^2	11,6	11,6	11,6	11,6

Som nævnt tidligere er dette de dimensionerende varmetab, beregnet ved dimensionerende temperaturer iht. DS 418. Transmissionstab kan ikke direkte "oversættes" til årligt energiforbrug. Men tallene viser forholdet mellem varmetab fra de forskellige kilder. Det fremgår, at transmissionstabet fra klimaskærmen eksklusive vinduer og døre kun udgør ca. 1/3 af varmetabet (om vinteren). Det følger heraf, at man bør vægte sin indsats til isolering af klimaskærmen i forhold til nytten i form af mulig varmebesparelse. Alternativt bør man overveje bedre isolerende vinduer eller varmegenvinding på ventilationstabet.

For eksempel giver den bedre isolering i eksempel 3 i forhold til eksempel 1 en formindskelse af transmissionstabet på 23 %. Men samlet set fås kun en reduktion af energibehovet på 9 %, som det fremgår af tabel 8 nedenfor

Tabel 8: Årlige energiforbrug. Enhed: kWh/m^2

	Eks. 1	Eks. 2	Eks. 3	Eks. 4
Rumopvarmning	70,1	65,1	59,5	62,0
Varmt brugsvand (med solvarme tilskud)	15,8	15,8	15,8	15,8
El til drift, vægtet med faktor 2,5	2,5	2,5	2,3	2,3
Overtemperatur, omregnet til køleenergi	0	0	2,9	2,3
Samlet energibehov *)	88,3	83,3	80,6	82,5

*) Energirammen er ikke overholdt for dette simple regneeksempel.

Det ses af tabel 8, at når energiforbruget til rumopvarmning falder, begynder energiforbruget pga. overtemperatur at stige. Beregningerne er foretaget for en "middeltung" bygning, svarende til at såvel gulve som indervægge er i tunge materialer. Ved at foretage en beregning for eksempel 3, med præcis samme U-værdier overalt, men beregnet som en "middellet" bygning, det vil sige uden tunge indervægge, fås årlige energiforbrug som angivet i tabel 9 nedenfor:

Tabel 9: Årlige energiforbrug for en tung og en let bygning med samme transmissionstab. Enhed: kWh/m^2

	Eks. 3 som Tung bygning	Eks. 3 som Middel let
Rumopvarmning	59,5	60,3
Varmt brugsvand (med solvarme tilskud)	15,8	15,8
El til drift, vægtet med faktor 2,5	2,3	2,3
Overtemperatur, omregnet til køleenergi	2,9	5,1
Samlet energibehov *)	80,6	83,5

Det ses af tabel 9, at energibehovet til rumopvarmning stiger til 60,3 kWh/m². Det skyldes, at de tunge indervægge er bedre til at udnytte varmetilskuddet om vinteren. Tilsvarende fås et energibehov til overtemperatur på 5,1 kWh/m² for den lettere bygning. Det vil sige, at samlet fås et øget energibehov på 83,5 for de lette vægge. Hermed kan man sige, at hele energibesparelsen fra eksempel 2 til eksempel 3 forsvinder.

Tabel 10: Detaljer vedr. årligt energiforbrug til rumopvarmning. Enhed: kWh/m²

	Eks. 1	Eks. 2	Eks. 3	Eks. 4
Varmetabet, samlet	141,0	135,1	128,3	131,4
Varmetilskud fra solindfald gennem vinduer	-43,8	-43,8	-43,8	-43,8
Varmetilskud fra personer, rør, apparater	-46,5	-46,5	-46,5	-46,5

Tallene i tabel 10 viser, at det årlige varmetab er noget større end behovet til rumopvarmning. Det skyldes, at der opnås varmetilskud både fra personer mv. og ikke mindst fra solindfald gennem vinduerne. Disse varmetilskud kan ikke udnyttes 100%, bl.a. fordi en del af solvarmen fra vinduerne genererer overtemperatur om sommeren. (Udnyttelsesgraden er 0,8 i gennemsnit. Der skal en detaljeret månedlige beregninger til for at nå frem til rumopvarmning.)

Varmetabet er som tidligere vist næsten ligeligt fordelt på:

- Vinduer og døre
- Klimaskærm i øvrigt
- Ventilationstab og utætheder

Varmetilskuddet fra vinduer er altså ”brutto” af samme størrelsesorden som varmetabet, men forekommer ikke på samme årstid. Når isoleringsevnen øges, bør der for samme vinduesareal derfor etableres solafskærmning.

For at overholde energirammen, må der altså flere tiltag til.

En detaljeret eftervisning ligger uden for rammerne af dette notat, men overslagsmæssigt vil følgende tiltag nedbringe energiforbruget tilstrækkeligt for eksempel 3:

- Reduktion af ventilationstabet med 1/3: minus 10,8 kWh/m²
- Etablering af solvarmeanlæg: minus 7,5 kWh/m²

Årligt energiforbrug for eksempel 3: 80,6 – 10,8 – 7,5 = 62,3 kWh/m².

Økonomi

De faktiske besparelser ved at mindske energiforbruget afhænger stærkt af energikilden. For eksemplet med en bolig på 145 m², som overholder energirammen, fås et årligt energibehov på 145 x 63,9 kWh = 9266 kWh.

I tabel 11 er givet eksempler på nogle energipriser, og dermed den årlige energiomkostning for dette hus:

Tabel 11. Energifriser. Kilde: Scanheat A/S, 1.3.2009. Enhed: Kr.

Energiform	Pris pr. kWh (uden installationsudgift)	Pris pr. år
Jordvarme	0,60	5.560,-
Varmepumpe luft til luft	0,50	4.630,-
Nyt ”godt” oliefyr	1,22	11.300,-
Rapsoliefyr	0,70	6.490,-
Naturgas	1,20	11.120,-
Elvarme	1,80	16.680,-

Meromkostningerne ved foranstaltninger, som mindsker energiforbruget skal dels holdes op imod den mulige besparelse, dels ses i forhold til mulige ulemper.

Ulempen ved ukritisk at øge vægkonstruktionerne er, at gulvarealet i bygningen formindskes, medmindre bygningen selvsagt udføres med større grundareal og med stigende anlægsudgifter til følge. En anden problemstilling er, at lysindfaldet i bygningen mindskes med stigende murtykkelser.

Statens Byggeforskningsinstitut, SBI har tidligere beregnet, at de nye skærpede energibestemmelser i 2008 ville medføre en merudgift på 80-200 kr./m² afhængig af byggeriets type, størrelse og opvarmningsform (By og Byg Dokumentation 006, Energibestemmelser i nybyggeriet, Status år 2000).

I de konkrete eksempler med en bygning på ca. 145 m² i grundareal, vil gulvarealet formindskes med ca. 3 m² ved et skift fra 408 mm hulmur til 468 mm hulmur. Meromkostningerne til bedre isolering og bredere ydermure samt ulempen ved formindsket gulvareal skal vejes op mod, at reduceret varmetab bedømt fx eksempel 3 og eksempel 4 imellem ”kun” giver en besparelse på 128 W. Langt mindre end hvad der kan spares ved at fjerne udmuringer i false.

Det anbefales at foretage rentabilitetsberegninger på forskellige konstruktionsudformninger inden ydermures dimensioner ukritisk forøges. Mere isolering i gulv og loft kan monteres relativt billigt, uden at arealer i bygningen reduceres, og udføres konstruktionerne under fornøden hensyntagen til at eliminere kuldebroer, kan en forholdsvis slank 408 mm hulmur benyttes i langt de fleste situationer, også med de skærpede krav der er anført i BR 2010.

Sammenfatning

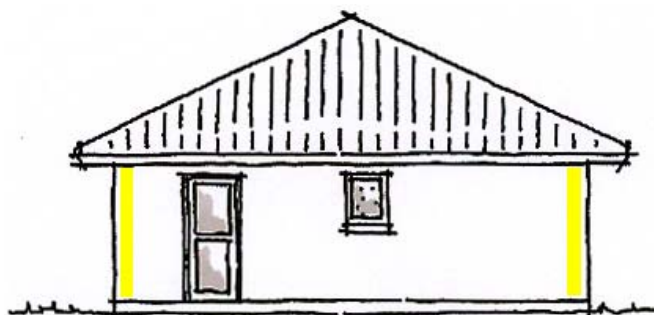
Bygningsreglement 2010 retter fokus mod at begrænse bygningers behov for tilført energi. Der er metodefrihed til, hvorledes bygningsreglementets bestemmelser efterleves, men kravet er selvsagt, at bestemmelserne opfyldes ved at minimere varmetabet fra konstruktionerne (og ved at mindske behovet for køling). Største effekt på varmetabet fra klimaskærmen med mindst mulige omkostninger kan i reglen opnås ved at undgå kuldebroer i de færdige konstruktioner og bygge tæt.

Traditionelle konstruktioner herunder fx 408 mm hule mure eller tilsvarende opfylder i de fleste situationer bygningsreglementets bestemmelser, når kuldebroer elimineres.

Bygningsreglementets bestemmelser kan sammenfattes i følgende retningslinier og anbefalinger:

- Byg traditionelt - 408 mm hule mure eller tilsvarende kan i hovedreglen udføres i overensstemmelse med Bygningsreglement 2010
- Undgå/minimer kuldebroer
- Tænk på anlægsudgifter – isoler ”strategisk”. Merisolering i gulve og specielt tagrum er relativt billigt og begrænser ikke det beboelige areal
- Større dimension og mere isolering i ydervægge formindsker beboeligt areal og lysindfald, og fører ikke nødvendigvis til forventet besparelse i varmeudgifterne
- Udfør rentabilitetsberegninger på forskellige konstruktionsudformninger, herunder også placering af isoleringen og udnyttelse af varmekapacitet.
- Optimer vinduers placering, varmeegenskaber og solafskærmning, for at undgå overophedning
- Udfør rentabilitetsberegninger på varmeanlæg, varmegenvinding og solvarme etc.
- Dokumentation i form af energimærke skal foreligge for nye bygninger, iht. bek. 228

Isoler ”strategisk”.



Større dimension og mere isolering i ydervægge resulterer ikke nødvendigvis i forventede besparelser i varmeudgifterne

