

## Designværdier for isoleringsmaterialers varmeledningsevne

### Påvirkes isoleringsmaterialers varmeledningsevne af fugtforhold i konstruktionerne?

Carsten Rode, BYG-DTU  
Jørgen Dufour, Dansk Standard

#### Forandringer lige om hjørnet

En lang række internationalt og europæisk udarbejdede standarder på området beregning af bygningers varme- og energibehov samt varmeisoleringsmaterialers egenskaber er under udgivelse som Dansk Standard.

Det medfører blandt andet, at byggeriets parter må lære de nye termer og fremgangsmåder ved beregning, bestemmelse, deklaration og kontrol.

Nogle få områder er ikke fastlagt i de nye fælles standarder, det er fx klimaparametre og korrektion for den fugtpåvirkning, som isoleringsmaterialerne udsættes for i bygningskonstruktionerne. Dette er overladt til landene selv at undersøge og specificere i beregningsstandarderne.

Derfor støttede Energistyrelsen ved udviklingsprogrammet for miljø- og arbejdsmiljøvenlig isolering og Varmeisoleringskontrollen, VIK, et projekt, der havde til formål at afdække den betydning, som fugtforholdene har over tid på materialernes varmeledningsevne i typiske danske bygningskonstruktioner. Resultatet skal indgå i den revision af DS 418 om beregning af bygningers varmetab, som er under færdiggørelse og udsendelse på høring.

#### De nye termer og fremgangsmåder

Efter den internationale standard DS/EN ISO 10456 kan varmeisoleringsmaterialers varmeledningsevne ( $\lambda$ -værdi) angives enten som den *deklarerede værdi* eller som *designværdien* efter definitionerne, der vises i figur 1.

##### **Deklareret værdi for varmeledningsevne**

Forventet værdi for et byggemateriale eller –produkts varmeledningsevne, der

- bedømmes ud fra målte værdier ved referenceforhold for temperatur og fugtighed,
- angives med oplysninger om statistisk sikkerhed,
- skal svare til en forventet levetid under normale brugsbetingelser.

##### **Designværdi for varmeledningsevne**

Varmeledningsevnen for et byggemateriale eller –produkt under specifikke ydre og indre forhold, som anses for typiske for materialets eller produktets termiske ydeevne, når det anvendes i en bygningsdel.

Figur1. Definition af deklareret og design værdi for varmeledningsevnen i henhold til DS/EN ISO 10456 og DS/EN ISO 6946.

Den deklarerede værdi angives af producenten, og den kan være certificeret. Referenceforholdene er fastsat til 20°C og 50% relativ fugtighed. Designværdien fastsættes ud fra forventede konditioner under materialets anvendelse. Som led heri anvendes korrektionsudtryk fra DS/EN ISO 10456, der gør det muligt at omregne  $\lambda$ -værdier under referenceforhold til værdier under andre fugt- og temperaturforhold. En anden standard, DS/EN 12524 indeholder for en række af de mest almindelige byggematerialer de konverteringskoefficienter, der skal bruges til fastsættelse af den korrigerede  $\lambda$ -værdi, når fugtforhold eller temperatur er nogle andre end referencebetingelserne. Herved fremkommer designværdien for materialets  $\lambda$ -værdi. Problemet er at finde rimelige værdier for korrektionerne, når materialernes fugt- og temperaturforhold løbende ændres - som det jo er tilfældet i praksis i konstruktionerne. Spørgsmålet medfører for fugtforholdene i typiske danske konstruktioner, at der ved fastsættelse af designværdien skal anvendes en korrektionsfaktor og hvilken?

Såkaldt alternative isoleringsmaterialer er særligt interessante i denne sammenhæng, fordi de hyppigt er organiske, og man havde derfor den formodning, at de binder mere vand end andre materialer. Spørgsmålet om hvorledes fugtforhold påvirker designværdien af varmeledningsevnen for såvel alternative som konventionelle isoleringsmaterialer er blevet undersøgt i det her beskrevne projekt, der er gennemført af Dansk Standard i samarbejde med BYG-DTU. Projektets gennemførelse er bistået af en arbejdsgruppe med reference til Dansk Standards udvalg S-181 Termisk isolering med henblik på at projektets resultater vil kunne medtages i revisionen af DS 418. Endvidere er indhentet kommentarer fra eksperter i Sverige, Storbritannien og Tyskland for at sikre lødigheden af den fulgte procedure, som beskrives i det følgende.

### **Procedure til bestemmelse af designværdier for varmeledningsevnen**

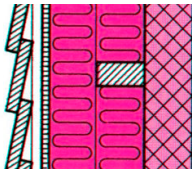
Ved bestemmelsen af designværdier, er der valgt at tage udgangspunkt i simulerede fugt- og temperaturforløb i et antal typiske danske konstruktioner, der i beregninger udsættes for et typisk indeklima for boliger på den ene side og det danske udeklima (eller i visse tilfælde terræn) på den anden side. De undersøgte konstruktionstyper fremgår af tabel 1. Hver konstruktion er gennemregnet med flere mulige valg af isoleringsmateriale ud fra de i tabel 2 nævnte, idet dog ikke alle materialer er anvendelige i alle konstruktioner, hvorfor der er sket nogen udvælgelse. De konstruktioner, der indgår i undersøgelsen er udvalgt ud fra konstruktionsbeskrivelser i SBI-anvisning 184 (1995) og DBI (2000). Projektets udgangspunkt har været kun at undersøge korrekt udførte konstruktioner udsat for normale påvirkninger. Figur 2 viser én af de valgte konstruktioner, og hvilke isoleringsmaterialer, der er undersøgt i denne konstruktion.

Nr.	Bygningskonstruktionstype
1	Krybekælderdek
2	Terrændæk
3	Kælderydervæg
4	Tung ydervæg med udvendig isolering
5	Tung ydervæg med indvendig isolering
6	Hulmur
7	Let ydervæg
8	Betonsandwichelement
9	Uventileret tagkonstruktion
10	Ventileret tagkonstruktion

Tabel 1. Typiske danske konstruktionstyper der undersøges i projektet.

Isoleringsmateriale
Mineraluld
Ekspanderet polystyren (EPS)
Ekstruderet polystyren (XPS)
Porebeton
Letklinkerbeton
Perlite
Cellulosefibre
Hør

Tabel 2. Isoleringsmaterialer, hvis anvendelse er undersøgt i projektet med henblik på bestemmelse af designværdi for varmeledningsevnen.

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;">Tung ydervæg med udvendig isolering</div> <div style="flex: 1; text-align: center;">  </div> </div>							
<b>Konstruktionsdetaljer:</b>							
Beklædning							
Ventileret luftspalte							
Vindtæt lag							
200 mm isolering							
100 mm porebeton eller letklinkerbeton							
Isolerings materiale	✓					✓	✓

Figur 2. Én af de undersøgte konstruktioner, med markering af hvilke af de i projektet indgående isoleringsmaterialer, der er undersøgt i denne konstruktion.

Programmet MATCH (Pedersen, 1990; verificeret bl.a. af Rode og Burch, 1995) er benyttet til at simulere temperaturer og fugtforhold i de udvalgte konstruktioner gennem perioder på tre år. De første to år af disse betragtes som indsvingning, således at kun data for det tredje år er benyttet i den videre resultatanalyse. For de enkelte materialeglag i konstruktionerne er fugtindholdets udvikling over året fundet. DS/EN ISO 10456 foreskriver hvorledes varmeledningsevnen skal konverteres under hensyntagen til fugtindholdet, og det har nu været muligt at fastsætte hvorledes varmeledningsevnen udvikler sig lokalt, hvor fugtindholdene er beregnet. Disse lokale og tidsmæssigt varierende resultater er yderligere blevet behandlet således, at der for hvert isoleringslag bestemmes en gennemsnitsværdi for varmeledningsevnen regnet over lagets tykkelse og over fyringssæsonen (13. september - 13. april). De fundne resultater er taget som udtryk for designværdier for varmeledningsevnen for de pågældende materialer under de simulerede brugs- og indbygningsforhold.

Endelig er forholdet mellem de fundne designværdier og de deklarerede værdier for samme materiale bestemt. Dette forhold betegnes fugtkonverteringsfaktoren,  $F_m$ . En  $F_m$ -værdi over 1,0 betyder, at materialets varmeledningsevne i designsituationen på grund af fugtens indvirkning er større end under referenceforhold.

### Resultater

Tabel 3 viser de resultater, der er fundet for konstruktionen, der vises i figur 2, for de forskellige mulige valg af isoleringsmateriale. Som det ses, afviger  $F_m$ -værdierne ikke meget fra 1,0 og, måske overraskende, er  $F_m$  også kommet under 1,0. Et lignende billede ses i langt de fleste af de undersøgte konstruktioner, idet de fundne  $F_m$ -værdier varierer mellem 0,975 og 1,013, når isoleringen indgår i en flerlags bygningskonstruktion. Dette modsvarer en fugtindvirkning på varmeledningsevne på mellem -2,5% og +1,3%. I et enkelt tilfælde - en massiv ydervægskonstruktion af porebeton - fandtes en  $F_m$  værdi på 1,086 - altså en forøgelse i varmeledningsevnen på 8,6%.

Beskrivelse	Isoleringsmateriale	$F_m$	%-forøgelse
Tung ydervæg med udvendig isolering	Mineraluld	1.001	0.1
	Cellulosefibre	0.991	-0.9
	Hør	1.011	1.1

Tabel 3. Fugtkonverteringsfaktor og forøgelse af varmeledningsevnen på grund af fugt for tre forskellige valg af isoleringsmateriale i konstruktionen, der vises i figur 2.

### Diskussion

Undersøgelsens resultater tyder på, at fugtens indflydelse er ganske lille, og på at fugtindholdet i sunde konstruktioner kan blive så lavt i visse perioder af fyringssæsonen og visse dele af isoleringen, at materialet kan isolere marginalt bedre end under referencebetingelserne. De små afvigelser fra den deklarerede varmeledningsevne favoriserer ikke i nævneværdig grad én gruppe af isoleringsmaterialer i forhold til en anden.

Tværtimod fandtes eksempler på, at materialer, der ud fra øvrige kendte egenskaber forventedes at have nogenlunde ens ydeevne i designsituationen, faktisk afveg noget fra hinanden. Dette har sandsynligvis kunne henføres til det forhold, at EN 12524 for disse materialer har usikre eller mangelfulde oplysninger om materialernes fugtindhold under referencebetingelserne, hvilket i en

analyse som den udførte, giver anledning til forskellige effekter på varmeledningsevnen, når der tages hensyn til fugten, og referencebetingelserne anvendes som sammenligningsgrundlag.

Fugttilstanden i konstruktionerne kan i visse tilfælde påvirkes ganske meget af ændringer i de indendørs eller udendørs påvirkninger, eller sågar af nogle af de øvrige antagelser, der er nødvendige for at gennemføre beregningerne, fx om de termiske og fugtmæssige forhold i jord ud for en kælderydervæg.

Såfremt den udviklede beregningsmetode skal anvendes fremover som hjælp til fastsættelse af designværdier for varmeledningsevnen, bliver det derfor vigtigt dels at fremskaffe et bedre grundlag for de konverteringskoefficienter, der tages i anvendelse i proceduren, dels ganske nøje at overveje, hvilke randbetingelser og antagelser, der skal være gældende for beregningernes gennemførelse.

Projektet og den udviklede metode til bestemmelse af designværdien for varmeledningsevne er beskrevet i en rapport af Rudbeck og Rode, 2001.

### **Litteratur**

DBI (2000). *Bygningsdele med celluloseuld og høruld. Eksempler*. Ejnar Danø og Søren Tofte, Dansk Brandteknisk Institut og Jesper Ditlev, Bygge- og Miljøteknik ApS.

DS/EN ISO 6946 (1996). *Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method*. European Committee for Standardization, Brussels

DS/EN ISO 10456 (1999). *Building materials and products - Procedures for determining declared and design thermal values*. European Committee for Standardization, Brussels

EN 12524 (2000). *Building materials and products - Hygrothermal properties - Tabulated design values*. European Committee for Standardization, Brussels

Pedersen, C. (1990). *Combined heat and moisture transfer in building constructions*. ph.d.-thesis. Report 214. Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Universitet.

Rode, C. og Burch, D. (1995). Empirical validation of a transient computer model for combined heat and moisture transfer, i *Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings VI, Proceedings of the ASHRAE/DOE/BTECC Conference, December 1995, Clearwater Beach, Florida, USA*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, USA.

Rudbeck, C. og Rode, C. (2001). *Procedure for Determining the Design Value of the Thermal Conductivity of Thermal Insulation Materials*. Sagsrapport SR-01-02. BYG-DTU.

SBI (1995). *Bygningers energibehov*. SBI-anvisning 184. Statens Byggeforskningsinstitut.