

## LØSNINGSVEJLEDNING

# Varmeforbrug i boliger

### Indledning:

I denne opgave vil du komme til at lære noget om energiforbruget i en bolig. Opgaven er delt i 2 underopgaver

1. Første del handler om at lære hvordan varmetabet for et hus beregnes
2. Anden del handler om at beregne varmeforbruget når huset energirenoveres

Energirenovering af boliger er særligt interessant fordi besparelspotentialet er meget stort, især i boliger bygget i 60'erne og 70 'erne. Dengang de blev bygget var der nemlig ikke fokus på at bygge energirigtige boliger. Denne opgave vil tage udgangspunkt i et gennemsnitligt parcelhus fra 60'erne.

### Opgave 1. Dimensionerende Varmetab

Når et hus bygges, skal husets dimensionerende varmetab beregnes. Det skal det, fordi det er nødvendigt at vide hvor mange radiatorer der skal sættes ind i huset, så huset kan holdes opvarmet – også på en meget kold vinterdag.

Det dimensionerende varmetab består af to dele:

1. Transmissionstabet, som er varmetabet gennem konstruktionerne: vægge, loft, gulve og vinduer
2. Infiltrationstabet, som er varmetabet pga. luftudveksling mellem ude og inde. F.eks. pga. udsugning fra køkken og bad samt revner og sprækker ved døre og vinduer mv.



## Transmissionstabet

For at kunne beregne transmissionstabet gennem en bygningsdel, f.eks. et tag, skal man kende tre forhold:

1. Arealet af bygningsdelen ( $m^2$ )
2. Isoleringsevnen (U-værdien) for bygningsdelen ( $W/ m^2 K$ )
3. Temperaturforskellen mellem ude og inde (K)  
Ved beregning af det dimensionerende varmetab benyttes en temperaturforskel mellem ude og inde på 32 grader (32 K)

Eksempel på beregning af transmissionstabet gennem et tag  $Q_{tag}$ :

$$Q_{tag} = A_{tag} \cdot U_{tag} \cdot \Delta T$$

Hvor:

- $Q_{tag}$  : Transmissionstabet (W)  
 $A_{tag}$  : Arealet af taget ( $m^2$ )  
 $U_{tag}$  : U-værdien for taget ( $W/ m^2 K$ )  
 $\Delta T$  : Temperaturforskellen (K)

- **Hvad er transmissionstabet,  $Q_{tag}$ , gennem et tag på  $120 m^2$  med en U-værdi på  $0,35 W/ m^2 K$ ?**
- **Svar:  $Q_{tag} = 120 m^2 \cdot 0,35 W/m^2K \cdot 32 K = 1344 W$**

Et tag med en U-værdi på  $0,35 W/ m^2 K$  svarer til et tag med 100 mm isolering. Hvis der lægges yderligere 200 mm isolering på taget bliver U-værdien reduceret til  $0,12 W/ m^2 K$ .

- **Hvad er transmissionstabet gennem et tag med i alt 300 mm isolering?**
- **Svar:  $Q_{tag} = 120 m^2 \cdot 0,12 W/m^2K \cdot 32 K = 461 W$**

Det samlede transmissionstabet,  $Q_{trans}$ , for huset beregnes som summen af transmissionstabet gennem de forskellige bygningsdele:  $Q_{trans} = Q_{væg} + Q_{tag} + Q_{gulv} + Q_{vinduer}$ .

For dette hus gælder:

Bygningsdel	Areal	U-værdi
Vægge	100 $m^2$	0,28 $W/ m^2 K$
Gulv	120 $m^2$	0,35 $W/ m^2 K$
Tag	120 $m^2$	0,20 $W/ m^2 K$
Vinduer	40 $m^2$	2,8 $W/ m^2 K$

➤ **Hvad er det samlede transmissionstab,  $Q_{trans}$ , for huset?**

➤  $Q_{vægge} = 100 \text{ m}^2 * 0,28 \text{ W/m}^2\text{K} * 32 \text{ K} = 896 \text{ W}$

$Q_{gulv} = 120 \text{ m}^2 * 0,30 \text{ W/m}^2\text{K} * 32 \text{ K} = 1152 \text{ W}$

$Q_{tag} = 120 \text{ m}^2 * 0,35 \text{ W/m}^2\text{K} * 32 \text{ K} = 1344 \text{ W}$

$Q_{vinduer} = 40 \text{ m}^2 * 2,8 \text{ W/m}^2\text{K} * 32 \text{ K} = 3584 \text{ W}$

**Svar:  $Q_{trans} = 896 \text{ W} + 1152 \text{ W} + 1344 \text{ W} + 3584 \text{ W} = 6976 \text{ W}$**

### Infiltrationstab

For at kunne beregne infiltrationstab for et huset, skal man kende 2 forhold:

1. Rumvolumet af huset ( $\text{m}^3$ )
2. Luftsiftet ( $\text{h}^{-1}$ )

Eksempel på beregning af infiltrationstab for et hus  $Q_{infil}$ :

$$Q_{infil} = 0,34 * V_{hus} * n_{hus} * \Delta T$$

Hvor:

$Q_{infil}$  : Infiltrationstab (W)

$V_{hus}$  : Rumvolumet af huset ( $\text{m}^3$ )

$n_{hus}$  : Luftsiftet i huset ( $\text{h}^{-1}$ )

$\Delta T$  : Temperaturforskellen (K)

Huset har et volumen på  $V_{hus} = 300 \text{ m}^3$  og et luftskifte på  $n_{hus} = 0,5 \text{ h}^{-1}$

➤ **Hvad er infiltrationstab,  $Q_{infil}$ , for huset?**

➤ **Svar:  $Q_{infil} = 0,34 * 300 \text{ m}^3 * 0,5 \text{ h}^{-1} * 32 \text{ K} = 1632 \text{ W}$**

### Det dimensionerende varmetab:

Det dimensionerende varmetab  $Q_{dim}$ , beregnes som summen af transmissionstab og infiltrationstab

$$Q_{dim} = Q_{trans} + Q_{infil}$$

➤ **Hvad er det dimensionerende varmetab,  $Q_{dim}$ , for huset?**

➤ **Svar:  $Q_{dim} = 6976 \text{ W} + 1632 \text{ W} = 8608 \text{ W}$**

En typisk radiator har en varmeeffekt på 1000 W pr. meter.

- **Hvor mange meter radiator skal der bruges i huset for at dække det dimensionerende varmetab?**
- **Svar: Længde = 8608 W/600 W/m = 14,3 meter**



## Opgave 2. Energirenovering

Ved energirenovering af et hus kan man eksempelvis vælge at efterisolere lofter eller udskifte vinduer. Hermed bringes energitabet og dermed energiregningen ned.

Eksempel på beregning af det årlige energitab gennem en væg  $E_{væg}$ :

$$E_{væg} = A_{væg} * U_{væg} * 2726 \text{ graddage} * 24/1000$$

Hvor:

- $E_{væg}$  : Det årlige energitab gennem en væg (kWh)
- $A_{væg}$  : Arealet af væggen ( $m^2$ )
- $U_{væg}$  : U-værdien for væggen ( $W/m^2 K$ )

En graddag er et udtryk for en forskel på  $1^\circ C$  mellem døgntemperatur en indendørs og den udendørs døgnmiddeltemperatur i et givent døgn.

- **Hvad er det årlige energitab gennem taget fra spørgsmål 1 i opgave 1?**
- **Svar:  $E_{tag} = 120 m^2 * 0,35 W/m^2K * 2726 * 24/1000 = 2748 kWh/år$**

Når man foretager en energirenovering er der nogle omkostninger forbundet med dette. Til gengæld opnår man også en energibesparelse, således det kan være en god investering på længere sigt.

- **Hvad er det årlige energitab gennem det efterisolerede tag fra spørgsmål 2 i opgave 1?**
- **Svar:  $E_{tag} = 120 m^2 * 0,12 W/m^2K * 2726 * 24/1000 = 942 kWh/år$**

Antag at det koster 250 kr. pr. m<sup>2</sup> tag at efterisolere taget med 200 mm isolering, og at prisen på 1 kWh varme er 0,7 kr.

- **Hvor meget koster det at efterisolere de 120 m<sup>2</sup> tag fra opgave 1? Hvad er den årlige energibesparelse? Hvor mange år er tilbagebetalingstiden?**
- **Svar: Pris = 120 m<sup>2</sup> \* 250 kr/m<sup>2</sup> = 30.000 kr**

**Energibesparelse (kWh) = 2748 kWh – 942 kWh = 1806 kWh/år**

**Energibesparelse (kr) = 1806 kWh \* 0,7 kr/kWh = 1264 kr/år**

**Tilbagebetalingstid = 30.000kr / 1264 kr/år = 24 år.**

Nye lavenergivinduer med en U-værdi på 1,2 W/ m<sup>2</sup> K koster 3500 kr. pr. m<sup>2</sup> vindue

- **Hvor meget koster det at udskifte de 40 m<sup>2</sup> vinduer fra huset i opgave 1? Hvad er den årlige energibesparelse? Hvor mange år er tilbagebetalingstiden?**

Antag at levetiden for isolering er 40 år og levetiden for vinduer 30 år

- **Hvad vil du anbefale husejeren at gøre?**
- **Svar: Da levetiden på isoleringen er 40 år og efterisolering har betalt sig tilbage efter 24 år anbefales det at boligejeren efterisolere taget.**

**For vinduerne er levetiden 30år mens tilbagebetalingstiden for udskiftning af vinduerne i dette tilfælde er 48 år. Det kan altså ikke svare sig at udskifte vinduerne hvis man alene ser på energi. Det anbefales derfor at boligejeren kun udskifter sine vinduer hvis de er så nedslidte at de trænger til udskiftning. I givet fald anbefales lavenergivinduer.**

