

Innhold

1	Diverse formler og konstanter	2
2	Brann	2
3	Varmegjennomgang	3
4	Fukt	4
5	Luftstrøm og trykk	5
6	Varmeisolering kuldebroer	6
7	Appendix1-Ex framgangsmåte varme og fuktgjennomgang	7
8	Appendix2-Tabellverdier for noen materialer	9
9	Appendix3-Tabell for luftfuktighet	10
10	Appendix4-Relative verdier for sol-absorberingsevne for kortvarig stråling for noen materialer	11
11	Appendix5-Relative strålingstall for langvarig varmestråling	11
12	Appendix6-Tabell for solinntensitet	11
13	Appendix7-U-verdi for vegger	12
14	Appendix8-Korreksjon for materialer i fuktig miljø	13

1 Diverse formler og konstanter

Frostdybde	$H_0 = \sqrt{\frac{7200 \cdot F_d \cdot \lambda_f}{L + c \cdot \theta_m}}$ [m]	c Varmekapasitet av ufrosset grunn $\left[\frac{J}{m^3 K}\right]$ F_d Dimensjonerende frostmengde $[h^3 C]$ L Latent varme (smeltevarme) ved frysing av vann i grunn $\left[\frac{J}{m^3}\right]$ θ_m Årsmiddelt temperatur for luft $[^\circ C]$ λ_f Varmekonduktivitet for frossen grunn $\left[\frac{W}{m K}\right]$
Luftskifte	$C_i = C_e \cdot \frac{P}{n \cdot V}$ $[m^{-3}]$	C_e Konsentrasjon i uteluft $\left[\frac{kg}{m^3}, \frac{m^3}{m^3}, m^{-3}\right]$ C_i Konsentrasjon i inneluft $\left[\frac{kg}{m^3}, \frac{m^3}{m^3}, m^{-3}\right]$ n Antall luftskifte $[-]$ P Avgivelse til rommet $[-]$ V Rommets volum $[m^3]$
Faseovergang	H_2O	
Smelte- og størkningsvarme	333,7 $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$	$c_{p,vann} \approx 4,19$ $\left[\frac{kJ}{kg K}\right]$
Fordampning- og kondenseringsvarme	2225,7 $\left[\frac{kJ}{kg}\right]$	$c_{p,ts} \approx 2,09$ $\left[\frac{kJ}{kg K}\right]$

2 Brann

Karakteristisk		A Areal (se under boksen) $[m^2]$
brannbelastning	$Q_{f,i,k} = \sum M_{k,i} H_{u,i} m_i \psi_i$ [MJ]	$H_{u,i}$ Netto brennverdi $\left[\frac{MJ}{kg}\right]$
Spesifikk		m_i Forbrenningsfaktor iht. nasjonale regler $[-]$
brannbelastning	$q_k = \frac{Q_{f,i,k}}{A}$ $\left[\frac{MJ}{m^2}\right]$	$M_{k,i}$ Mengde brennbart materiale $[kg]$
		q_k Spesifikk brannbelastning $\left[\frac{MJ}{m^2}\right]$
		$Q_{f,i,k}$ Karakteristisk brannbelastning $[MJ]$
		ψ_i Beskyttelsesfaktor $[-]$

A er arealet til golvflaten (A_f) i respektiv branncelle, eller omhyllingsflaten (A_t).

Den spesifikke brannbelastningen angis da $q_{f,k}$ og $q_{t,k}$, avhengig av hva slags areal som brukes.

3 Varmegjennomgang

<p>Varmestrøm pr m^2</p> $q = \lambda \frac{T_1 - T_2}{d} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$ $q = \frac{T_1 - T_2}{R_T} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$	<p>d Tykkelse $[m]$ R_T Total varmemotstand ($R_1 + R_2 \dots$) $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ $T_1 - T_2$ Høy og lav temperatur $[K]$ λ Varmeledningsevne $\left[\frac{W}{mK} \right]$</p>
<p>Varmemotstand og Varmegjennomgangkoeffisient</p> $U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{\sum R} \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ $Q = UA(T_i - T_e) \quad [W]$	<p>A Areal $[m^2]$ Q Varmetap $[W]$ R Varmeisolans $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ T_e Temperatur inne $[K]$ T_i Temperatur ute $[K]$ U Varmeisolasjonsevne $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p>
<p>Utstråling $q = \varepsilon \sigma T^4$ $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ Innstråling $q = \alpha q + \rho q + \tau q$ $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ der $\alpha + \rho + \tau = 1$ $\alpha \sim \varepsilon$ for mange materialer (grå) Strålingsutveksling mellom parallelle flater $q = \varepsilon_{1,2} \sigma (T_1^4 - T_2^4)$ $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ $\sim \alpha_r (T_1 - T_2)$ $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ $\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2}} - 1$ $[-]$ $\alpha_r = 4\varepsilon_{1,2} \sigma T_{middel}^3$ $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ Utstråling natt $T_{e,ekv \text{ natt}} = T_e + \frac{\alpha_r}{\alpha_e} (T_m - T_e)$ $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ $\alpha_e = \frac{1}{R_{se}}$ $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ $\alpha_r = 4\varepsilon_{1,2} \sigma T_{middel}^3$ $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ Solinnstråling $q = \alpha_{sol} I_0 \cos \varphi_1$ $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ $I_0 \cos \varphi_1 = I_{sol}$ (Tabell) Da får vi $q = \alpha_{sol} I_{sol}$ $\left[\frac{W}{m^2} \right]$ $T_{e,ekv \text{ sol}} = T_e + \frac{\alpha_{sol}}{\alpha_e} I_{sol}$</p>	<p>T Temperatur $[K]$ T_{middel} Området middeltemperatur $[K]$ T_m Motstrålingstemperatur $[K]$ α Absorberingsevne $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ α_r / α_e Varmeoverføringskoeffisienter stråling $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ α_{sol} Absorberingstall for kortbølga solstråling $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ ε Emisjonstall (0-1) $[-]$ ρ Reflekteringssevne $[-]$ σ Stefan-Boltzmann's konstant: $5,6697 \cdot 10^{-8}$ $\left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$ τ Transmitteringsevne $[-]$ $T_{e,ekv \text{ natt}} \sim 10K$ lavere en T_e for vannrett flate $T_{e,ekv \text{ natt}} \sim 5K$ lavere en T_e for loddrett flate</p>
<p>Varmemotstand gjennom vegg med flere sjikt $R_i = \frac{d}{\lambda}$ $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ $R_T = \sum R_i$ $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ $U = \frac{1}{R_T}$ $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ $Q = UA(T_i - T_e)$ $[W]$ $\Delta T_i = \frac{R_i}{R_T} (T_i - T_e)$ $[K]$ Temp. i avstand x i konstruksjon $T_x = T \pm \frac{R_x}{R_{si} + \sum R_i + R_{se}} (T_i - T_e)$</p>	<p>A Areal $[m^2]$ d Dimensjon (Tykkelse på materiale) $[m]$ Q Varmetap $[W]$ R_i Varmemotstand i ett sjikt $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ R_{se} Varmeovergangsmotstand ute $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ R_{si} Varmeovergangsmotstand inne $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ R_T Total varmemotstand ($R_1 + R_2 \dots$) $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$ T Temperatur ute eller inne $[K]$ T_e Temperatur inne $[K]$ T_i Temperatur ute $[K]$ ΔT_i Temperaturfall på et sjikt $[K]$ U Varmeisolasjonsevne $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p>
<p>Varmelagring $Q = V \rho c \Delta T$ $[J]$ 1kW = 3,6MJ</p>	<p>c Materialets varmekapasitet $\left[\frac{J}{kgK} \right]$ Q Varmemengde (energimengde) $[J]$ ΔT Temperaturdifferanse $[K]$ V Bygningdelens volum $[m^3]$ ρ Materialets densitet $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$</p>

4 Fukt

<p>Fuktinnhold</p> $RF = \varphi = \frac{(v_e + \Delta v)}{v_s(T_i)} = \frac{v_i}{v_s(T_i)} \quad \left[\frac{g}{m^3} \right]$ $v_i = v_e + \Delta v \quad \left[\frac{g}{m^3} \right]$ $\Delta v = \frac{G}{nV} \quad \left[\frac{g}{m^3} \right]$	<p>G Fuktproduksjon $\left[\frac{g}{h} \right]$ n Luftsifte $\left[h^{-1} \right]$ RF Relativ fukt $\left[\frac{g}{m^3} \right]$ V Rommets\bygningens volum $\left[m^3 \right]$ v_e Fukt i uteluft $\left[\frac{g}{m^3} \right]$ v_i Fukt i inneluft $\left[\frac{g}{m^3} \right]$ $v_s(T_i)$ Vanninnhold i luften ved temperatur T_i og 100% (mettet) $\left[\frac{g}{m^3} \right]$ Δv Fuktilskudd $\left[\frac{g}{m^3} \right]$ φ Relativ fukt $\left[\frac{g}{m^3} \right]$</p>
<p>Uttørkningshastighet</p> <p>Fri overflatefordampning $g = \beta(v_i - v_s(T_s)) \quad \left[\frac{kg}{m^2s} \right]$</p>	<p>g Uttørkningshastigheten $\left[\frac{kg}{m^2s} \right]$ v_i Fukt i inneluft $\left[\frac{g}{m^3} \right]$ $v_s(T_s)$ Vanninnhold i materiale ved temp. T_s $\left[\frac{g}{m^3} \right]$ β Dampovergangskoeffisient $\left[\frac{m}{s} \right]$</p>
<p>Fuktstrøm</p> $g = \delta \frac{(v_1 - v_2)}{d} = \frac{(v_1 - v_2)}{z} \quad \left[\frac{kg}{m^2s} \right]$ $z = \frac{d}{\delta}, \text{ ved flere lag } \Rightarrow z = \sum z_i \quad \left[\frac{s}{m} \right]$	<p>d Materialets tykkelse $[m]$ g Fuktstrøm $\left[\frac{kg}{m^2s} \right]$ $(v_1 - v_2)$ Vandampesinnhold forskjell $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$ z Materialets dampmotstand $\left[\frac{s}{m} \right]$ δ Materialets vandamppermeabilitet $\left[\frac{m^2}{s} \right]$</p>
<p>Kondensering på ytre konstruksjoner $T_{si} = T_i - UR_{si}(T_i - T_e) \quad [K]$</p>	<p>R_{si} Indre varmeovergangsmotstand $0, 13 \left[\frac{m^2K}{W} \right]$ T_e Temperatur ute $[K]$ T_i Temperatur inne $[K]$ T_{si} Innvendig temp på ytre konstruksjon $[K]$ U Varmeisolasjonsevne $\left[\frac{W}{m^2K} \right]$</p>

5 Luftstrøm og trykk

<p>Termisk Drivkraft</p> $\Delta p = (\rho_2 - \rho_1) g_0 z \quad [Pa]$ $\Delta p = \rho_0 g_0 T_0 \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i} \right) z \quad [Pa]$ $\Delta p \sim 0,043 \cdot \Delta T z \quad [Pa]$ <p>Luftstrykdifferanse over konstruksjon</p> $\Delta p = \frac{(C_{ytre} - C_{indre}) \rho v_{vind}^2}{2} \quad [Pa]$	<p>C Formfaktor $[-]$</p> <p>g_0 Gravitasjonsakselerasjon $9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$</p> <p>$T_0$ Temperatur i K ved $0^\circ C$ $273,16 [K]$</p> <p>T_e Temperatur ute $[K]$</p> <p>T_i Temperatur inne $[K]$</p> <p>v Strømningshastighet $\left[\frac{m}{s} \right]$</p> <p>$z$ Høydeavstand fra 0-nivå $[m]$</p> <p>Δp Luftstrykdifferanse $[Pa]$</p> <p>ΔT Temperaturdifferanse $[K]$</p> <p>ρ_0 Luftens densitet ved $0^\circ C$ $1,293 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$</p> <p>$\rho_1$ Luftens densitet inne $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$</p> <p>$\rho_2$ Luftens densitet ute $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$</p>
<p>Bernoulli's ligning</p> <p>lokasjon 1 lokasjon 2</p> $\left(p_1 + h_1 \rho_1 g + \frac{\rho_1 v_1^2}{2} \right) = \left(p_2 + h_2 \rho_2 g + \frac{\rho_2 v_2^2}{2} \right)$	<p>g Gravitasjonsakselerasjon $9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$</p> <p>$h$ Høyde $[m]$</p> <p>v Strømningshastighet $\left[\frac{m}{s} \right]$</p> <p>$\Delta p$ Luftstrykdifferanse $[Pa]$</p> <p>ρ_0 Densitet $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$</p>
<p>Luftstrømning</p> <ul style="list-style-type: none"> • i spalter og hull i tynn plate <p>Platetykkelse</p> <p>=hullets bredde/diameter</p> $R_a = A \gamma \left(\frac{2}{\rho} \right)^{0,5} (\Delta p)^{0,5} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$ <p>Forenklet formel</p> $\sim 0,8A (\Delta p)^{0,5} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$ <ul style="list-style-type: none"> • i spalter (b bred og d lang) <p>i en L tykk plate</p> $R_a = A \frac{b^2}{12\mu} \cdot \frac{\Delta p}{L} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$ <ul style="list-style-type: none"> • i sirkulære hull i tykk plate med diameter d $R_a = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{d^2}{32\mu} \cdot \frac{\Delta p}{L} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$ <ul style="list-style-type: none"> • i porøse materialer $R_a = A \frac{B_0}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{L} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right]$	<p>A Arealet du regner over $[m^2]$</p> <p>b bredde $[m]$</p> <p>d diameter, lengde $[m]$</p> <p>L Materialets tykkelse $[m]$</p> <p>B_0 Materialets spesifikke permeabilitet $[m^2]$</p> <p>R_a Luftstrømning $\left[\frac{m^3}{s} \right]$</p> <p>$\Delta p$ Luftstrykdifferanse $[Pa]$</p> <p>γ $\approx 0,65[-]$</p> <p>μ Dynamisk viscositet $\left[\frac{kg}{m \cdot s} \right] [Pa \cdot s]$</p> <p>$\rho$ Densitet $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$</p>
<p>Konveksjon:</p> <p>Varmetransport med luft gjennom en konstruksjon</p> $Q = c \rho (T_1 - T_2) R_a \quad [W]$ <p>Varmetransport ved flate</p> $q = \alpha_c (T_s - T_{luft}) \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$ <p>Konvektiv varmeovergangskoeffisient ute</p> $\alpha_{ce} = 4 + 4v \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$	<p>c Luftens varmekapasitet $\left[\frac{J}{kg K} \right]$</p> <p>$R_a$ Luftstrømning $\left[\frac{m^3}{s} \right]$</p> <p>$(T_1 - T_2)$ Luftens temperaturdifferanse $[K]$</p> <p>v Vindhastighet $\left[\frac{m}{s} \right]$</p> <p>$\alpha_c$ Konvektiv varmeovergangskoeffisient $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p> <p>$\alpha_{ce}$ Konvektiv varmeovergangskoeffisient ute $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p> <p>$\alpha_{ci}$ Konvektiv varmeovergangskoeffisient inne $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p> <p>$\alpha_{ci} =$ 2,5 for vegger med naturlig konveksjon $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p> <p>0,7 for tak og gulv - termisk stabil $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p> <p>5,0 for overflate - termisk ustabil $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$</p> <p>$\rho$ Luftens densitet $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$</p>

6 Varmeisolering kuldebroer

Beregningsmetode: $q = U(T_i - T_e) \Rightarrow U = \frac{q}{(T_i - T_e)}$

Energiramme TEK10 for enebolig: $120 \frac{kWh}{m^2} + 1600 kWh$

Ex: $120 m^2$ enebolig: $Q_{max} = Q_{spesifikk} \cdot A_{temp(t>10^\circ C)} = 1600 kWh + 120 \frac{kWh}{m^2} \cdot 120 m^2 = \underline{\underline{16000 kWh}}$

$Q_{max} = Q_{energi}$

Årlig energiforbruk:

$$\begin{aligned} & Q_t \text{ (Transisjonstap inkludert kuldebroer)} && \text{Løses med hensyn på } Q_t \\ + & Q_v \text{ (Ventilasjonstap)} \\ + & Q_l \text{ (Lekasjetap inkludert utluffing)} \\ + & Q_{t_{vv}} \text{ (Oppvarming av bruksvann (Tappevann))} \\ + & Q_{dr,el} \text{ (El energi til fast utstyr: sirkulasjonspumper, ventilatorer,} \\ & \text{airconditioner, varmepumper, distribusjonstap)} \\ - & Q_{v\ddot{a}} \text{ (Varme fra solfanger, varmepumpe, varmevekslere)} \\ - & Q_{tilskudd} \text{ (Varme fra personer, lys, husholdningsapparater)} \\ = & Q_{max} \end{aligned}$$

Høyest tillate gjennomsnittlige U-verdi: $Q_t = U_{max} A_{om} \Delta T_{m,t} [kWh] \Leftrightarrow U_{max} = \frac{Q_t}{A_{om} \Delta T_{m,t}}$
der A_{om} er innvendig varmt areal av utekonstruksjon (gulv, yttervegger, tak, vinduer, dører) og $\Delta T_{m,t}$ er gradtimer.

Beregningsmetode: $U_{korr} = U + \Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r$

der $U = \frac{1}{R_T}$ med korreksjoner, ΔU_f er kuldebroer, ΔU_g er hulrom i isolasjon og sprekker, og ΔU_r er nedbør og vind på omvendt tak og duo-tak (ΔU_r er ikke pensum)

Hvis den samlede korreksjonen ΔU er mindre en 3% av U -verdien er det ikke nødvendig å korrigere.

Varmemotstanden R_T og fukt:

For en bygningsdel: $R_T = \sum R_j + \frac{d_j}{\lambda_{ber,j}}$

Fuktkorreksjon: R for isoleringsplater i jord, λ for isolasjonsmaterialer i fuktig miljø, R og λ for omvendt tak.

$\lambda_{ber} = \lambda_{dekl} + \Delta \lambda_w$ der λ_{dekl} er laboratorieverdi og $\Delta \lambda_w$ er tillegg for fuktig miljø

($\Delta \lambda_w = 0 \frac{W}{mK}$ for tørt miljø, $\Delta \lambda_w = 0 - 0,036 \frac{W}{mK}$ i fem klasser og to tabeller)

Varmemotstand R_T midlertidig vann. Plater i jord - isolasjon og drenering

For bygningsdelen (EPS/XPS Mineralull): $R_{ber} = R - \Delta R_W$

der R er total varmemotstand over bygningsdelen hvor dreneringslag $\geq 150 mm$ under plate gir $R = 0,20 \frac{m^2 K}{W}$.

ΔR_W Finner du i tabell i appendix 9.

$\Delta U_f =$ Kuldebroer - festeanordninger når:

- isoleringslaget er: $100 mm < d < 300 mm$
- festeanordning er: $0,4 mm < \phi < 1,2 mm$

$\Delta U_f = \alpha \lambda_f n_f A_f \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$ der α finnes i tabell i appendix 9, λ_f er festeanordningens varmeledningsevne $\left[\frac{W}{mK} \right]$, n_f er antall fester pr. m^2 byggdel og A_f er tverrsnittet for hvert feste $[m^2]$.

I tillegg har vi murfester i stål: $\Delta U_f = 0,0025 \cdot \left(\frac{\text{antall fester}}{m^2} \right) \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$

7 Appendix1-Ex framgangsmåte varme og fuktgjennomgang

Jobber i tabellen på neste side utenfra og innover. Bruker i eksempelet en utetemp T_e på $-20.2^\circ C$ og RF på 37% og innetemp T_i på $21^\circ C$ og RF på 92%. ($T_i - T_e$) er da 41,2 K.

$v_e = v_{s,ute} RF_{ute} = 0,87 \frac{g}{m^3} \cdot 0,92 = 0,80 \frac{g}{m^3}$ $v_i = v_{s,inne} RF_{inne} = 18,32 \frac{g}{m^3} \cdot 0,37 = 6,78 \frac{g}{m^3}$, v_s finnes i tabellen på side 10. v_e brukes som uteverdi av v i tabellen under og v_i som inneverdi. For å regne ut de andre verdiene av v begynner du i den ene enden og tar verdien $\pm \Delta v$ ettersom hvilken ende du begynner ifra (samme framgangsmåte som utregning av T med hensyn på ΔT)

Isolasjonsdelen er på 88% og trestenderne står for 12% av veggene.

$R_{isolasjon}$ viser varmemotstanden gjennom laga der isolasjonen er, $R_{bindingsverk}$ viser varmemotstanden gjennom laga der stenderne står. Som du ser er alle laga like med unntak av delen med trestender og mineralull. Derfor ser det veldig likt ut og er grunnen til at stenderen ikke har verdi på $R_{isolasjon}$ og omvendt. De har samme tykkelse. For $R_{legering}$ skal vi finne den totale varmemotstanden R_{TN} . For laga som er like bruker vi bare R verdien videre. For stender/isolasjonslag ganger vi λ verdiene med prosentandelen til de forskjellige materialene og plusser de sammen. Her blir det nye $\lambda = 0,12 \cdot 0,14 + 0,88 \cdot 0,037 = 0,04936$. Bruker da $R = \frac{d}{\lambda}$ med den nye λ verdien og får $R_{legering} = 2,998$

Ser bort fra trestendere på delen med fuktgjennomgang.

Inne	R _{SI}	Gipsplate	Plastfolie	Mineralull	Trestendere	Gipsplate	Trepanel Luft+	R _{SE}	Ute
		0,013	-	0,148	0,148	0,009	0,012		[m] <i>dim</i>
		0,22		0,037	0,14	0,22			$\left[\frac{W}{mK}\right]$ λ
$= 4,50 = R_{Ti} \sum R_{iso}$	0,13	0,06	0,03	4		0,04	0,20	0,04	$\left[\frac{m^2K}{W}\right]$ <i>Risolasjon</i>
$= 1,56 = R_{Tb} \sum R_{bind}$	0,13	0,06	0,03		1,057	0,04	0,20	0,04	$\left[\frac{m^2K}{W}\right]$ <i>Rbindingsverkt</i>
$= 3,50 = R_{TN} \sum R_{nedre}$	0,13	0,06	0,03	2,998		0,04	0,20	0,04	$\left[\frac{m^2K}{W}\right]$ <i>Rlegering</i>
$= 41,2 \sum \Delta T$	1,53	0,71	0,35	35,29		0,47	2,35	0,47	[K] ΔT
	20,97	19,44	18,73	18,38	-16,91	-17,38	-19,73	-20,2	[°C] <i>T</i>
	18,32	16,69	16,01	15,73	1,17	1,12	0,91	0,87	$\left[\frac{g}{m^3}\right]$ <i>v_s</i>
				$\cdot 10^{-6}$ 24			$\cdot 10^{-6}$ 2,2		$\left[\frac{m^2}{s}\right]$ δ
$\cdot 10^6$ $2,0176 \sum z =$	0	3000	$2 \cdot 10^6$	6167		3000	5455	0	$\left[\frac{s}{m}\right]$ $Z \left(\frac{d}{\delta}\right)$
$= 5,98 \sum \Delta v$		0,009	5,928	0,018		0,009	0,016		$\left[\frac{g}{m^3}\right]$ Δv
	6,78	6,78	6,77	0,84	0,83	0,82	0,80	0,80	$\left[\frac{g}{m^3}\right]$ <i>v</i>
	37	40	41	5	74	77	89	92	[%] $RF \left(\frac{v}{v_s}\right)$

8 Appendix2-Tabellverdier for noen materialer

Der verdiene er i ett intervall er middelverdien brukt. Noen materialer endrer egenskaper ved endret luftfuktighet. Derfor blir det noen ekstra δ -rader og oppgaven må leses for å se hvilken verdi du skal bruke.

	λ [$\frac{W}{mK}$]	R [$\frac{m^2K}{W}$]	δ [$\frac{m^2}{s}$]	δ ($RF = 35 - 80\%$) [$\frac{m^2}{s}$]	δ ($RF = 80 - 90\%$) [$\frac{m^2}{s}$]	δ ($RF = 90 - 95\%$) [$\frac{m^2}{s}$]	Z ($\frac{d}{\delta}$) [$\frac{s}{m}$]
R_{SE}		0,04					0
Luft+Trepanel		0,20	$2,2 \cdot 10^{-6}$				
Gipsplate 9mm utvendig	0,22						3100
Gipsplate 13mm innvendig	0,22						3100
Trestendere	0,14						
Mineralull 37	0,037		$24 \cdot 10^{-6}$				
Minneralull 39	0,039		$24 \cdot 10^{-6}$				
Plastfolie		0,03					$2 \cdot 10^6$
Tegl	0,60		$4,1 \cdot 10^{-6}$				
Sponplate	0,14						
Gasbetong\lettbetong 400	0,10			$3,95 \cdot 10^{-6}$	$5,45 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-6}$	
Betong K30	1,7			$0,31 \cdot 10^{-6}$	$2,07 \cdot 10^{-6}$	$3,27 \cdot 10^{-6}$	
Betong K35				$0,31 \cdot 10^{-6}$	$1,17 \cdot 10^{-6}$	$1,82 \cdot 10^{-6}$	
Cellulosefiber tak	0,042						
Cellulosefiber vegg	0,039						
R_{SI}		0,13					0

Krav til Transmisjonsvarmetap etter TEK10 for eneboliger:

1. Andel vindus- og dørareal $\leq 20\%$ av oppvarmet BRA
2. U-verdi yttervegg $\leq 0,18 \frac{W}{m^2K}$
3. U-verdi tak $\leq 0,13 \frac{W}{m^2K}$
4. U-verdi gulv $\leq 0,15 \frac{W}{m^2K}$
5. U-verdi glass/vindu/dør inkludert karm/ramme $\leq 1,2 \frac{W}{m^2K}$
6. Normalisert kuldebro verdi, der m^2 angis i oppvarmet BRA: $\leq 0,03 \frac{W}{m^2K}$

9 Appendix3-Tabell for luftfuktighet

Tabell som viser maks luftfuktighet $v_s \left[\frac{g}{m^3} \right]$ (100%RF) ved gitte temperaturer.

$^{\circ}C$,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
30	30,31	30,47	30,64	30,80	30,97	31,14	31,30	31,47	31,64	31,81
29	28,71	28,86	29,02	29,18	29,34	29,50	29,66	29,82	29,98	30,14
28	27,18	27,33	27,48	27,63	27,78	27,93	28,09	28,24	28,39	28,55
27	25,72	25,86	26,01	26,15	26,30	26,44	26,59	26,73	26,73	27,03
26	24,33	24,47	24,61	24,74	24,88	25,02	25,16	25,30	25,44	25,58
25	23,01	23,14	23,27	23,40	23,53	23,66	23,80	23,93	24,06	24,20
24	21,75	21,87	22,00	22,12	22,25	22,37	22,50	22,63	22,75	22,88
23	20,55	20,67	20,78	20,90	21,02	21,14	21,26	21,38	21,50	21,63
22	19,41	19,52	19,63	19,74	19,86	19,97	20,08	20,20	20,31	20,43
21	18,32	18,42	18,53	18,64	18,75	18,85	18,96	19,07	19,18	19,29
20	17,28	17,38	17,49	17,59	17,69	17,79	17,90	18,00	18,11	18,21
19	16,30	16,39	16,49	16,59	16,69	16,78	16,88	16,98	17,08	17,18
18	15,36	15,46	15,55	15,64	15,73	15,83	15,92	16,01	16,11	16,20
17	14,48	14,56	14,65	14,74	14,83	14,91	15,00	15,09	15,18	15,27
16	13,63	13,71	13,80	13,88	13,96	14,05	14,13	14,22	14,30	14,39
15	12,83	12,91	12,99	13,07	13,15	13,23	13,31	13,39	13,47	13,55
14	12,07	12,15	12,22	12,29	12,37	12,45	12,52	12,60	12,68	12,75
13	11,35	11,42	11,49	11,56	11,63	11,71	11,78	11,85	11,92	12,00
12	10,67	10,73	10,80	10,87	10,94	11,00	11,07	11,14	11,21	11,28
11	10,02	10,08	10,15	10,21	10,27	10,34	10,40	10,47	10,53	10,60
10	9,41	9,47	9,53	9,59	9,65	9,71	9,77	9,83	9,89	9,96
9	8,83	8,88	8,94	9,00	9,05	9,11	9,17	9,23	9,29	9,35
8	8,28	8,33	8,38	8,44	8,49	8,55	8,60	8,66	8,71	8,77
7	7,76	7,81	7,86	7,91	7,96	8,01	8,07	8,12	8,17	8,22
6	7,27	7,31	7,36	7,41	7,46	7,51	7,56	7,61	7,66	7,71
5	6,80	6,85	6,89	6,94	6,99	7,03	7,08	7,12	7,17	7,22
4	6,36	6,41	6,45	6,49	6,54	6,58	6,62	6,67	6,71	6,76
3	5,95	5,99	6,03	6,07	6,11	6,16	6,20	6,24	6,28	6,32
2	5,56	5,60	5,64	5,68	5,71	5,75	5,79	5,83	5,87	5,91
1	5,19	5,23	5,27	5,30	5,34	5,37	5,41	5,45	5,49	5,52
0	4,86	4,88	4,91	4,95	4,98	5,02	5,05	5,09	5,12	5,16
-0	4,86	4,82	4,78	4,74	4,71	4,67	4,63	4,59	4,56	4,52
-1	4,49	4,45	4,41	4,38	4,35	4,31	4,28	4,24	4,21	4,17
-2	4,14	4,11	4,08	4,04	4,01	3,98	3,95	3,91	3,88	3,85
-3	3,82	3,79	3,76	3,73	3,70	3,67	3,64	3,61	3,58	3,55
-4	3,52	3,49	3,47	3,44	3,41	3,38	3,36	3,33	3,30	3,27
-5	3,25	3,22	3,19	3,17	3,14	3,12	3,09	3,07	3,04	3,02
-6	2,99	2,97	2,94	2,92	2,89	2,87	2,85	2,82	2,80	2,78
-7	2,75	2,73	2,71	2,69	2,66	2,64	2,62	2,60	2,58	2,55
-8	2,53	2,51	2,49	2,47	2,45	2,43	2,41	2,39	2,37	2,35
-9	2,33	2,31	2,29	2,27	2,25	2,23	2,21	2,20	2,18	2,16
-10	2,14	2,12	2,10	2,09	2,07	2,05	2,03	2,02	2,00	1,98
-11	1,96	1,95	1,93	1,92	1,90	1,88	1,87	1,85	1,83	1,82
-12	1,80	1,79	1,77	1,76	1,74	1,73	1,71	1,70	1,68	1,67
-13	1,65	1,64	1,63	1,61	1,60	1,58	1,57	1,56	1,54	1,53
-14	1,52	1,50	1,49	1,48	1,46	1,45	1,44	1,43	1,41	1,40
-15	1,39	1,38	1,36	1,35	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,28
-16	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,19	1,18	1,17
-17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07
-18	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98
-19	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89
-20	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,82	0,82

10 Appendix4-Relative verdier for sol-absorberingsevne for kortvarig stråling for noen materialer

Materiale	Absorberingsevne α_{sol}
Asfaltplater	0,93
Mørk flate, mørkegrå skiffer, fuktig jord	0,9
Betong	0,6 – 0,7
Tegel, rød, grønn og grå-farget	0,7
Lys flate, gul tegel	0,4
Hvit kalk	0,3
Hvit farge	0,25

11 Appendix5-Relative strålingstall for langvarig varmestråling

Material	Strålingstall ε ($\alpha \approx \varepsilon$)
Glass	0,94
Tegel, puss	0,93
Betong, takpapp	0,91
Papir	0,8 – 0,9
Tre	0,8 – 0,9
Lakkfarge	0,8 – 0,9
Galvanisering	0,2 – 0,3
Al-folie (ren og blank)	0,05 – 0,08
Blanke metaller	0,04 – 0,05

12 Appendix6-Tabell for solinntensitet

Solinntensiteten I_{sol} [$\frac{W}{m^2}$] på ulike tider av døgnet ved $Lat\ 68^\circ N$

kl	Mars					Juni					Sept				
	S	V	N	Ø	H	S	V	N	Ø	H	S	V	N	Ø	H
1								180	40	10					
2						10	10	280	150	30					
3						20	20	360	320	80					
4						40	40	370	500	150					
5						50	50	310	680	240					
6						70	70	190	800	340			10	240	20
7	90	10	10	320	30	160	90	90	850	440	140	30	30	510	100
8	300	30	30	530	120	360	100	100	820	530	330	40	40	600	190
9	520	50	50	550	200	540	120	120	720	610	530	60	60	590	280
10	700	60	60	450	270	680	120	120	560	670	700	70	70	470	350
11	820	70	70	280	320	780	130	130	360	710	810	80	80	300	390
12	860	80	70	80	330	810	140	130	140	720	840	90	80	90	400
13	820	280	70	70	320	780	360	130	130	710	810	300	80	80	390
14	700	450	60	60	270	680	560	120	120	670	700	470	70	70	350
15	520	550	50	50	200	540	720	120	120	610	530	590	60	60	280
16	300	530	30	30	120	360	820	100	100	530	330	600	40	40	190
17	90	320	10	10	30	160	850	90	90	440	140	510	30	30	100
18						70	800	190	70	340		240	10		20
19						50	680	310	50	240					
20						40	500	370	40	150					
21						20	320	360	20	80					
22						10	150	280	10	30					
23							40	180		10					
24								120							
sum	5770	2470	530	2470	2260	6310	6820	4890	6820	8470	5920	3120	720	3120	3110

13 Appendix7-U-verdi for vegger

Stenderdimensjon d [mm]	Isolasjonens varmekonduktivitet λ [$\frac{W}{m^2 K}$]			
	0,034	0,037	0,040	0,043
36 × 73	0,47	0,50	0,52	0,55
48 × 73	0,50	0,52	0,54	0,57
36 × 98	0,37	0,39	0,41	0,43
48 × 98	0,39	0,41	0,43	0,45
36 × 123	0,31	0,33	0,34	0,36
48 × 123	0,32	0,34	0,36	0,37
36 × 148	0,26	0,28	0,29	0,31
48 × 148	0,28	0,29	0,31	0,32
36 × 173	0,23	0,24	0,26	0,27
48 × 173	0,24	0,26	0,27	0,28
36 × 198	0,20	0,22	0,23	0,24
48 × 198	0,22	0,23	0,24	0,25
36 × 223	0,19	0,20	0,21	0,22
48 × 223	0,20	0,21	0,22	0,23
36 × (148 + 98)	0,17	0,18	0,19	0,20
48 × (148 + 98)	0,18	0,19	0,20	0,21
36 × (148 + 148)	0,14	0,15	0,16	0,17
48 × (148 + 148)	0,15	0,16	0,17	0,18

14 Appendix8-Korreksjon for materialer i fuktig miljø

$\Delta\lambda_w$ Miljøklasser

1. Utvendig regnbeskyttet
Materialsjikt i kontakt med uteluft, men beskytta mot regn og fritt vann slik som
-isolering i vegger bak ventilert regnkappe eller tegl
-isolering på kalde vindbjelkelag og annet uoppvarmet uterom
-isolering under takpapp, takplater eller annet taksjikt
2. Utvendig ubeskyttet
-isolering i vegg bak puss
-treullplate bak puss
-lettbetong bak puss
3. Drenerende forhold
Materialsjikt med drenerende egenskaper eller som grenser mot drenerende sjikt i mark på den ene siden slik som
-Utvendig kjellervegisolering
-isolering under plate på mark
-kjellerveg av lettbetong
4. I mark
Materialsjikt som grenser mot mark på begge sider slik som
-Frostisolering
5. Omvendt tak og duo-tak
Varmeisolering av ekstrudert polystyren er plasert helt eller delvis over taksjiktet slikt som
-åpent overbygg med polystyren i ett eller to lag
-tett overbygg med polystyren i ett eller to lag

Korreksjon $\Delta\lambda_w$ for materialer i fuktig miljø

Material/produkt	$\Delta\lambda_w \left[\frac{W}{mK} \right]$			
	Miljø/konstruksjonsgruppe			
	1	2	3	4
Mineralull	0	0	0 ¹⁾	0 ¹⁾
Ekspandert polystyren (EPS)	0	0	0	0,013 ²⁾
Ekstrudert polystyren (XPS)	0	0	0	0,004 ³⁾
Polyurethan (PUR)	0	0	–	–
Treullplate	0,002	0,003	–	–
Trefiber på ventilert vindbjelkelag	0,002	–	–	–
Lettbetong 300 ⁴⁾	0,006	0,010	0,018	–
Lettbetong 600 ⁴⁾	0,008	0,012	0,036	–
Lettklinker	0,005	–	0,10	–

1) For materialer med drenerende egenskaper. Se tabell for ΔR_W

2) Gjelder for densitet $30 \frac{kg}{m^3}$

3) Forutsetter hinne på polystyrenplatene

4) Bruk rettlinjert interpolering for densitet mellom 300 og 600.

Isolasjon i jord med midlertidig vannbelastning ΔR_W

Material	ΔR_W	$\frac{m^2K}{W}$
	Miljø/konstruksjon	
	3	4
Mineralull/polystyren under plate på mark	0	–
Mineralull/polystyren ellers	0,20	0,40
EPS/XPS dreneringsskive (annet en under plate på mark)	0,2	–

Koeffisienten α for ulike festeanordninger

Type festeanordning	αm^{-1}
Festeanordning mellom murte veggdeler	6
Festeanordning for taksjikt	5
Festeanordning over luftspalter	0
Festeanordning mellom teglmur og treverk	0
Festeanordning der λ -verdien $< 1 \frac{W}{mK}$ ¹⁾	0

1) Ex: festeanordninger av plast har lav varmeledningsevne.