

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

VERWARMING EN SANITAIR
WARM WATER: ONTWERP

HERFST 2022

**Behoeften en eisen m.b.t de dimensionering van een
verwarmingsinstallatie**



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

Julie RENAUX
écorce
INGENIEUR CONSEILLANT



- ▶ Uitleggen welke factoren in aanmerking moeten worden genomen bij de dimensionering van een verwarmingsinstallatie
- ▶ Aantonen wat belangrijk is bij het ontwerp van de installatie



DEFINITIE VAN DE BEHOEFTE EN EISEN VOOR DE DIMENSIONERING VAN EEN VERWARMINGSINSTALLATIE

DE VERSCHILLENDE DIMENSIONERINGSMETHODEN

BEREKENING VAN DE WARMTEVERLIEZEN (NBN EN 12831-1
ANB:2020)

BELANG VAN HET OPWARMVERMOGEN



- ▶ Vaststelling van het vermogen van de installatie
- ▶ Vaststelling van het vermogen van de warmteafgiftesystemen
- ▶ Definitie van het type van systeem
 - Eindgebruik
 - Kostprijs
 - Flexibiliteit
- ▶ Definitie van een regelprincipe
 - Eindgebruiker
 - Inertie
 - Inschakeling
 - Indeling in zones



- ▶ EPB-eisen voor werken
 - PEV beïnvloed door de keuze van systeem, de regeling, enz.
- ▶ EPB-eisen voor verwarming
 - Oplevering EPB
- ▶ Ecodesign
 - Keuze van product
- ▶ Na te leven normen
 - Verliezen
 - Warmteafgiftesystemen



DEFINITIE VAN DE BEHOEFTE EN EISEN VOOR DE
DIMENSIONERING VAN EEN VERWARMINGSINSTALLATIE

DE VERSCHILLENDE DIMENSIONERINGSMETHODEN

BEREKENING VAN DE WARMTEVERLIEZEN (NBN EN 12831-1
ANB:2020)

BELANG VAN HET OPWARMVERMOGEN



Bestaand gebouw

- ▶ Vermogen per m^2 (of per m^3)
 - Orde van grootte:
 - Bestaand gebouw (voor EPB) = 120 tot 180 W/m^2
 - Gebouw EPB 2008 = 60 tot 80 W/m^2
 - ZLE-gebouw – EPB 2015 = 20 tot 40 W/m^2
 - Passiefgebouw = 10 tot 30 W/m^2
- ▶ Definitie van de bedrijfsuren (warmtemonotoon)
- ▶ Verbruik/vermogen ≈ 1.500 uur bij vol regime
- ▶ **Berekening van de warmteverliezen**
- ▶ Dynamische simulatie (op basis van ASHRAE)



Bestaand gebouw

- ▶ Volgens TV 235 (WTCB)
 - Bestaande residentiële gebouwen, indien beschikbare gegevens niet volstaan of niet betrouwbaar genoeg zijn voor een gedetailleerde berekening
 - Berekening van het verwarmingsvermogen van de verwarmingsketel:

$$\Phi = [(U_{m,T} \cdot A_T) + (0,34 \cdot 0,75 \cdot V)] \cdot (20 - \theta_{eb}) \quad [\text{W}]$$

waarbij :

$U_{m,T}$: de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van het gebouw, volgens de norm NBN B 62-301 (4) [W/m²K]

A_T : de totale verliesoppervlakte van alle omhulende buitenwanden van het gebouw [m²]

V : het beschermde volume van het gebouw [m³]

θ_{eb} : de basisbuitentemperatuur van de streek waarin het gebouw gelegen is (bv. -10 °C) [°C].

Gegevens
beschikbaar via
EPB

Via
NBN EN 12831-1
ANB:2020

Bron: WTCB TV 235



Bestaand gebouw

► Volgens TV 235 (WTCB)

• **Benaderende** berekening van de thermische last → Beperkte methode:

- Geen rekening gehouden met verschillende omgevingstemperaturen (uitgaand van 20 °C)
- Geen rekening gehouden met verschillende buitentemperaturen overeenkomstig van de omgeving (AOR, grond, aangrenzend gebouw, ...)
- Benaderend forfaitair ventilatiedebiet
- Geen rekening gehouden met warmteterugwinning uit ventilatie
- Geen rekening gehouden met verliezen door infiltratie
- Geen rekening gehouden met verliezen via gemene muur
- Geen rekening gehouden met oververmogen bij herinschakeling
- enz.

⇒ **Te gebruiken mits de nodige voorzorg en bewustzijn van de beperkingen van de methode.**

⇒ **Het is aanbevolen de exacte berekeningsmethode volgens NBN EN 12831-1 ANB:2020 te gebruiken als referentie**



Nieuw gebouw

- ▶ Berekening van de warmteverliezen
 - Voor juni 2015: NBN B 62-003
 - In juni 2015: NBN EN 12831 (2003) + nationale bijlage
 - Sinds 2020: NBN EN 12831-1:2017
+ **nationale bijlage NBN EN 12831-1 ANB:2020**
- ▶ Belangrijkste wijzigingen
 - Gedetailleerdere berekening van de warmteverliezen door transmissie door de grond
 - Gedetailleerdere berekening van de warmteverliezen door ventilatie en rekening houden met de luchtdichtheid van de gebouwen
 - Systematische berekening van het opwarmvermogen
- ▶ Dynamische simulatie (op basis van ASHRAE)



DEFINITIE VAN DE BEHOEFTE EN EISEN VOOR DE
DIMENSIONERING VAN EEN VERWARMINGSINSTALLATIE

DE VERSCHILLENDE DIMENSIONERINGSMETHODEN

**BEREKENING VAN DE WARMTEVERLIEZEN (NBN EN 12831-1
ANB:2020)**

BELANG VAN HET OPWARMVERMOGEN

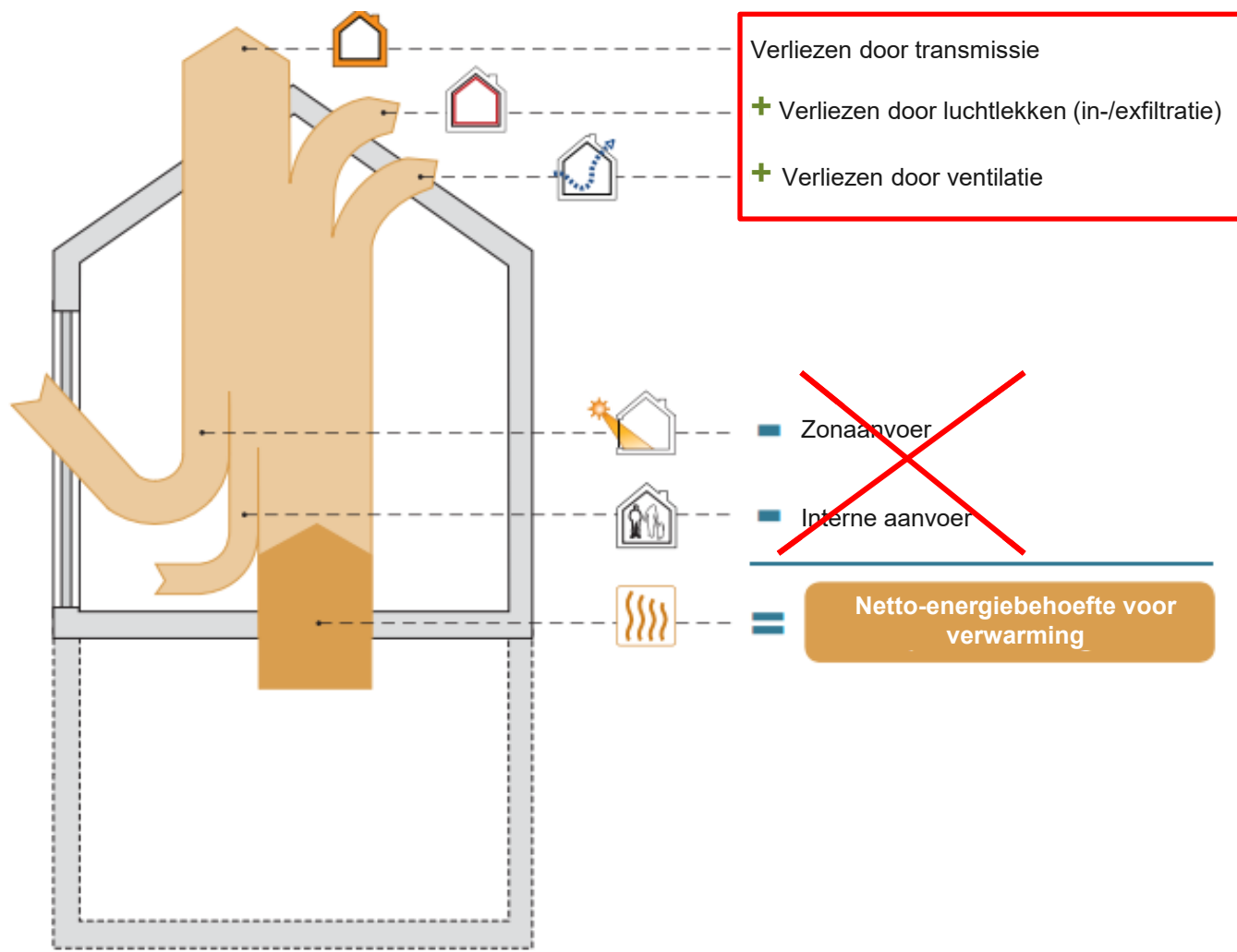


Procedure

Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal nodig verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



Netto-energiebehoefte voor verwarming





Basisgegevens

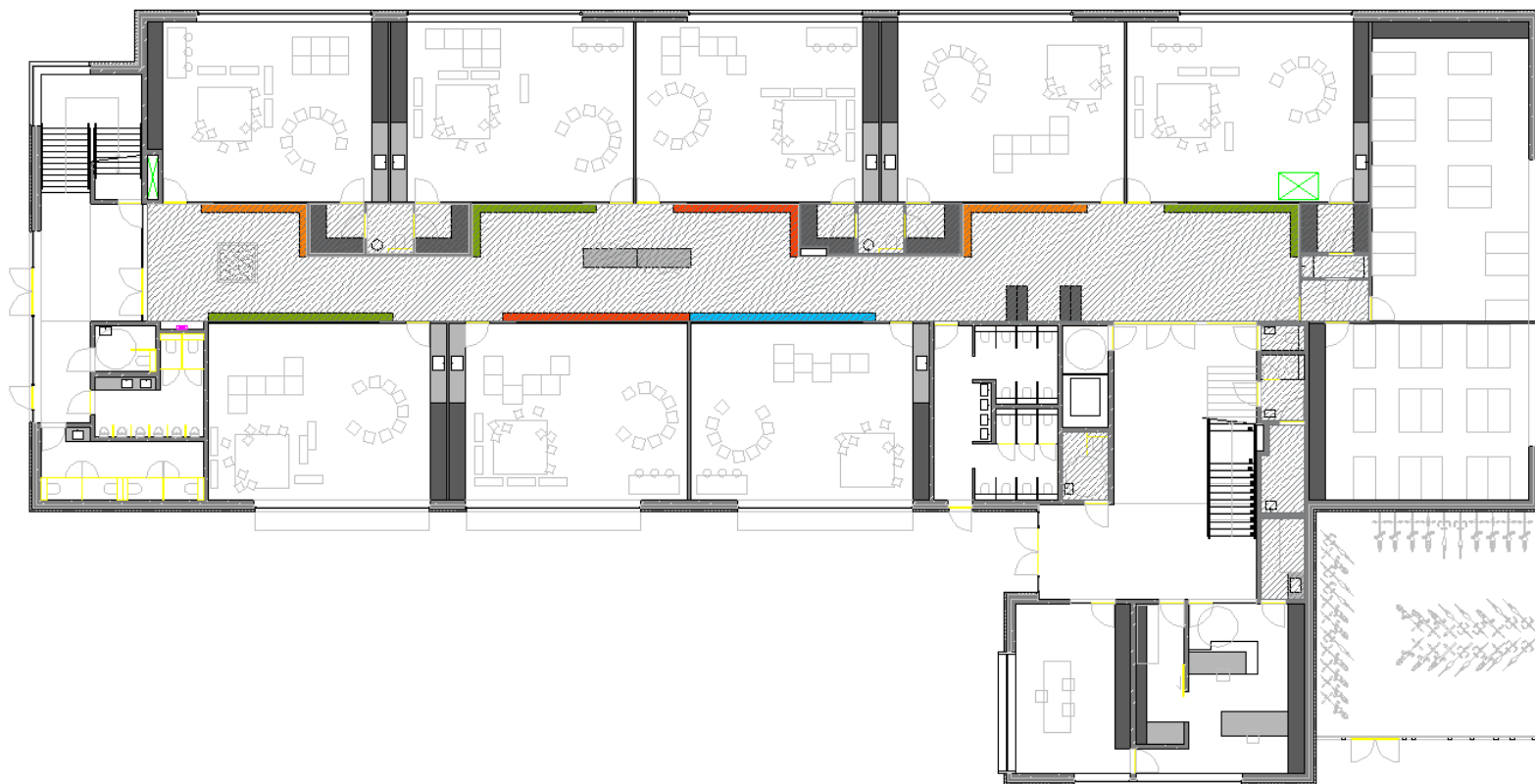
- ▶ Type van gebouw:
 - School met 4 gevels, GLV + 1
 - Gelijkvloerse verdieping op grondniveau (geen kelder)
 - Plat dak
 - Conform EPB Vlaanderen 2015
- ▶ Situatie:
 - Klimaatzone met $\theta_e = - 7^{\circ}\text{C}$
 - Jaargemiddelde buitentemperatuur: $\theta_{m,e} = + 10^{\circ}\text{C}$
 - $\theta_{\min} = 0^{\circ}\text{C}$
- ▶ Gascondensatieketel is voorzien
- ▶ Verwarming door radiatoren
- ▶ Ventilatiesysteem type C
- ▶ Beoogde dichtheid: $n_{50} = 2,5 \text{ u}^{-1}$





Identificatie van de ruimte

- Plan bestudeerd gebouw (gelijkvloers):





Identificatie van de ruimte

- Bestudeerd klaslokaal (gelijkvloers):



Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal nodig verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



Bepaling van de basisgegevens

- ▶ Basisbuitentemperatuur Θ_e
- ▶ Gemiddelde minimum buitentemperatuur van de koudste maand $\Theta_{\min}$
- ▶ Jaarlijkse gemiddelde buitentemperatuur $\Theta_{m,e}$

⇒ Gegevens uit de Belgische bijlage (tabellen)

Post code	Gemeente	Θ_e °C	$\Theta_{\min}$ °C	$\Theta_{m,e}$ °C
7940	Brugelette	-7	0	10
8000	Brugge (sauf Zeebrugge)	-7	0	10
7620	Brunehaut	-7	0	10
1000	Bruxelles / Brussel	-7	0	10
9255	Buggenhout	-7	0	10
4760	Büllingen	-11	-3	7
4210	Burdinne	-8	-1	10
4790	Burg-Reuland	-10	-3	8
4750	Bütgenbach	-11	-3	7
7760	Celles	-7	0	10
5630	Cerfontaine	-9	-2	9
7160	Chapelle-lez-Herlaimont	-8	-1	10
6000	Charleroi	-8	-1	10
1450	Chastre	-8	-1	10
6200	Châtelet	-8	-1	10



Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal nodig verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



Definitie van elke ruimte in het gebouw

- ▶ Bepaling van het beschermde volume (BV) van het gebouw
- ▶ Specificatie van het statuut van elke ruimte (al dan niet verwarmd) binnen en buiten het BV
- ▶ Berekening van de oppervlakte en het volume van elk vertrek
- ▶ Bepaling van de basisbinnentemperatuur voor elke ruimte

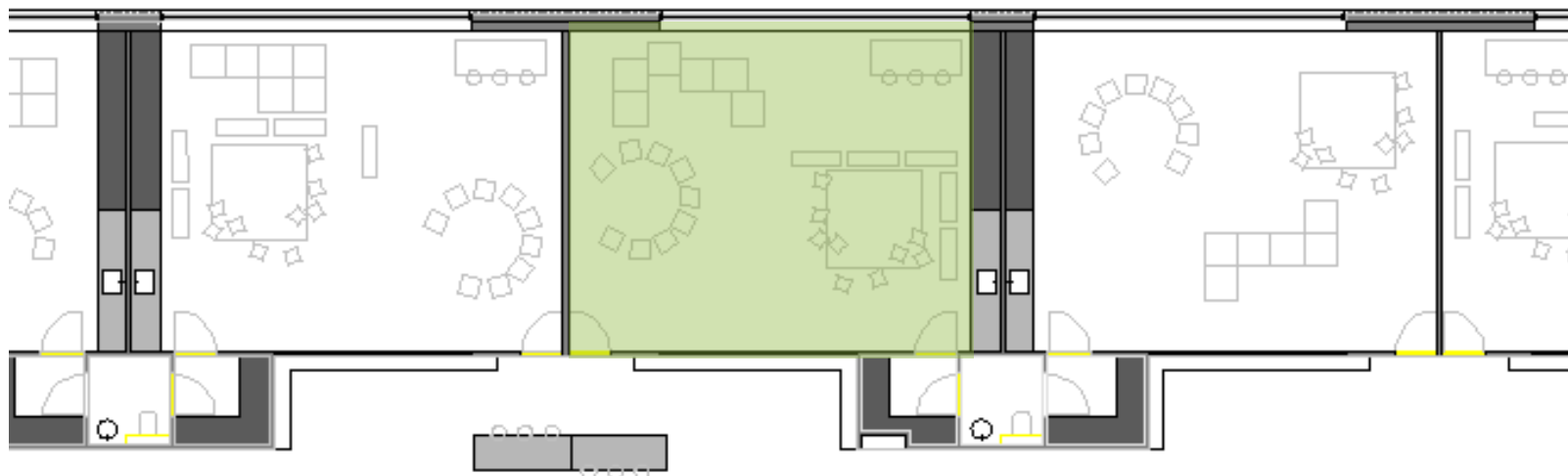
⇒ **Gegevens uit de Belgische bijlage (tabellen)**

Type van vertrek of ruimte	$\Theta_{\text{int},i}$ [°C]
Slaapkamer	18
Woonkamer, keuken, werkkamer, enz.	20
Badkamer	24
Turnzaal	16
Hal, trappenhuis, wc, ...	16
Vorstvrije ruimten	5
Ruimte waarvan bestemming niet bepaald is	18
Enz.	...





Definitie van elke ruimte in het gebouw



Netto vloer-
oppervlakte

$A_i \text{ m}^2$

66,0

Intern volume

$V_i \text{ m}^3$

191,4



Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal nodig verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$

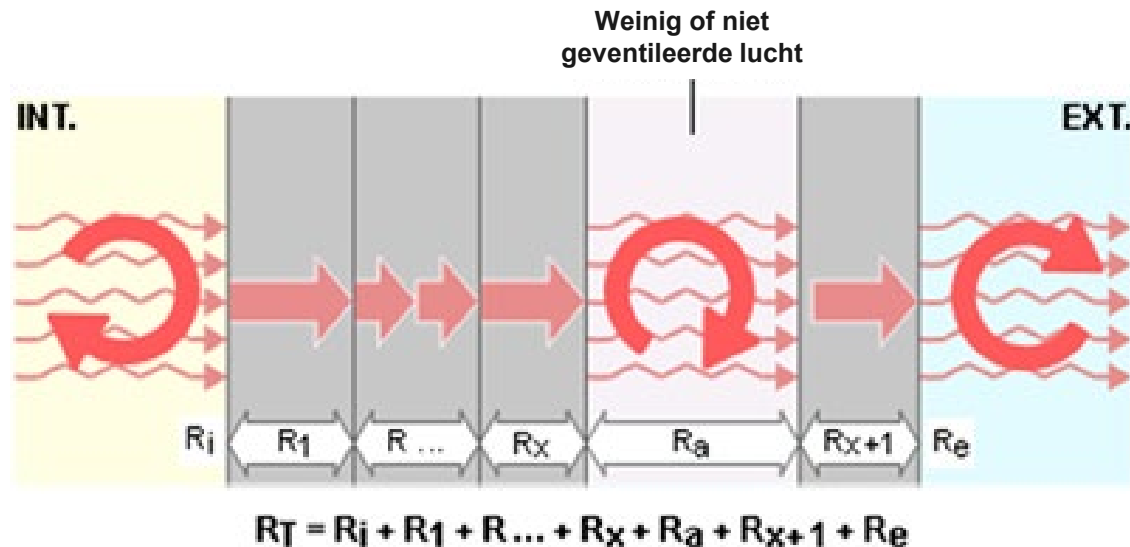


Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte

- ▶ Oppervlakte van elke wand
- ▶ U-waarde van de wanden en eventuele koudebruggen
- ▶ Volgens de Europese normen EN ISO 6946, 10077-1, 10077-2 en 673

⇒ **U-waarde opake wand = $1/RT$**

$$R_T = R_{si} + R_1 + (R_2) + (R_{...}) + (R_a) + R_{se}$$



Bron: Energie+



Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte

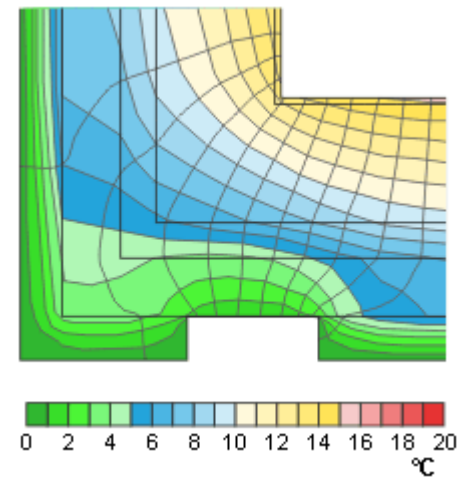
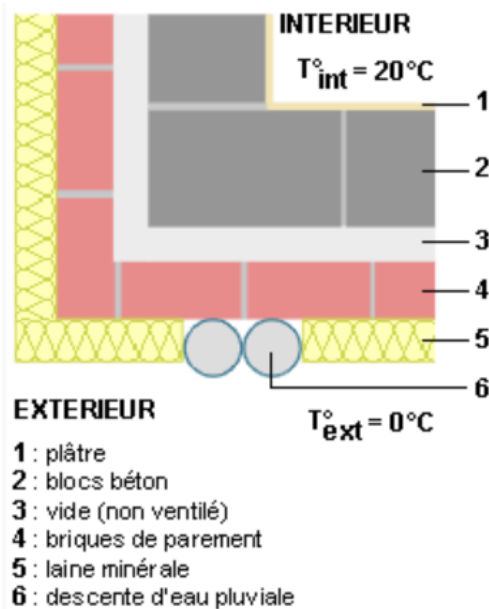
$$\Rightarrow \text{U-waarde venster} = U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + A_p U_p + A_r U_r + l_g \psi_g + l_p \psi_p}{A_g + A_f + A_p + A_r}$$

- **U_g** = de warmtedoorgangscoefficiënt van de beglazing
- **A_g** = de glasoppervlakte
- **U_f** = de warmtedoorgangscoefficiënt van de lijst
- **A_f** = de oppervlakte van de lijst
- **U_p** = de warmtedoorgangscoefficiënt van het paneel
- **A_p** = de oppervlakte van het paneel
- **U_r** = de warmtedoorgangscoefficiënt van het ventilatierooster
- **A_r** = de oppervlakte van het ventilatierooster
- **ψ_g** = de warmtedoorgangscoefficiënt per lengte-eenheid van de afstandhouder rond het glaswerk
- **l_g** = de zichtbare perimeter van het glaswerk
- **ψ_p** = de warmtedoorgangscoefficiënt per lengte-eenheid rond het paneel
- **l_p** = de zichtbare perimeter van het paneel



Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte

⇒ Koudebruggen



Bron: Energie+



Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte

⇒ Koudebruggen

Bijkomende warmtedoorgangscoefficienten voor het inrekenen van koudebruggen

→ **Forfaitaire** waarde overeenkomstig het algemene isolatieniveau, de aandacht besteed aan bouwknopen, enz.

Selectiecriteria	ΔU_{TB} W/m ² .K
Nieuwe gebouwen met hoog thermisch isolatieniveau en aangetoonde minimalisering van koudebruggen die de algemeen erkende praktische regels overschrijden	0,02
Nieuwe gebouwen die de algemeen erkende praktische regels omtrent het minimaliseren van koudebruggen respecteren	0,05
Gebouwen die voornamelijk beschikken over een thermische binnenisolatie die door volle plafonds wordt onderbroken (bijvoorbeeld gewapend beton)	0,15
Alle andere gebouwen	0,10





Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte

- ▶ U-waarde :
 - Vloer op grond – $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Buitenmuur – $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Binnenmuur – $U = 1,64 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Tussenvloer (opgaande stroom) – $U = 2,57 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Tussenvloer (neergaande stroom) – $U = 1,89 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Binnendeuren – $U = 2,34 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Vensters – $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

- ▶ Koudebruggen :
 - $\Delta U_{\text{TB}} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$



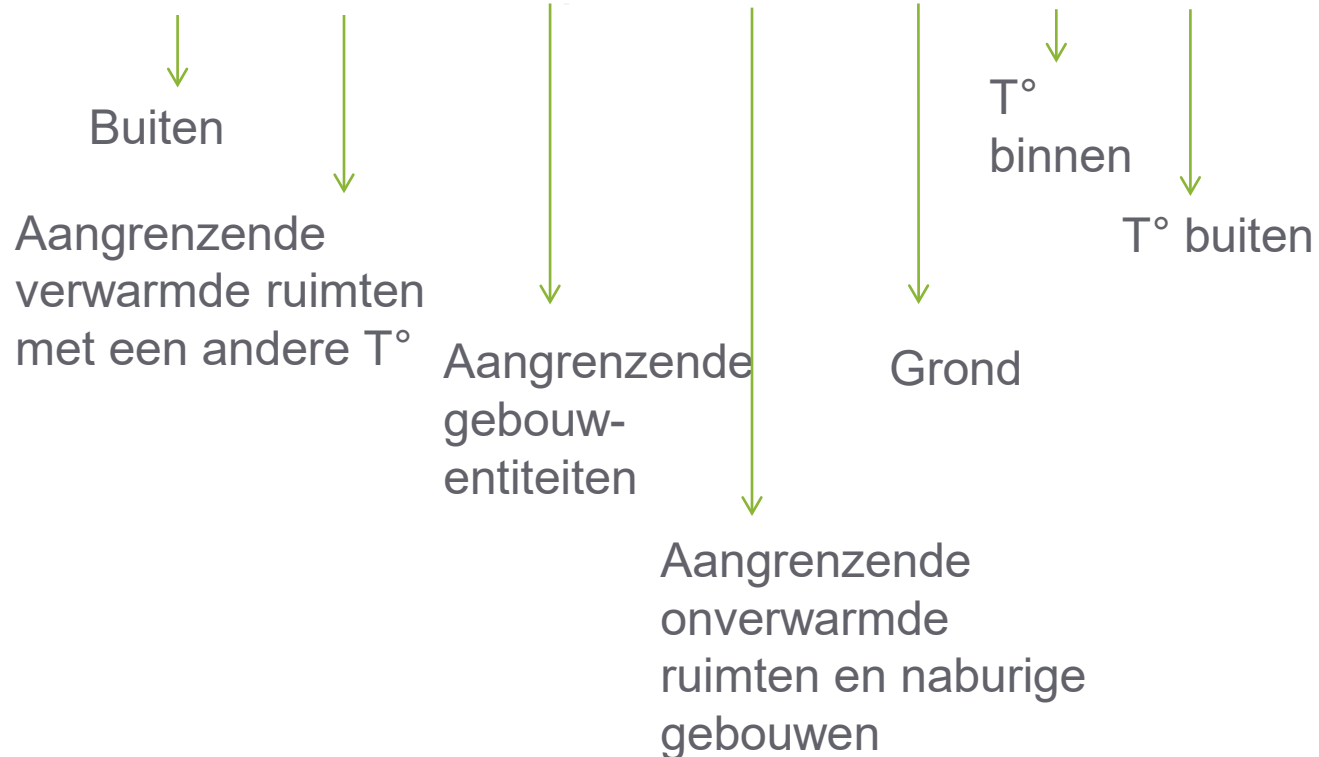
Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal nodig verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

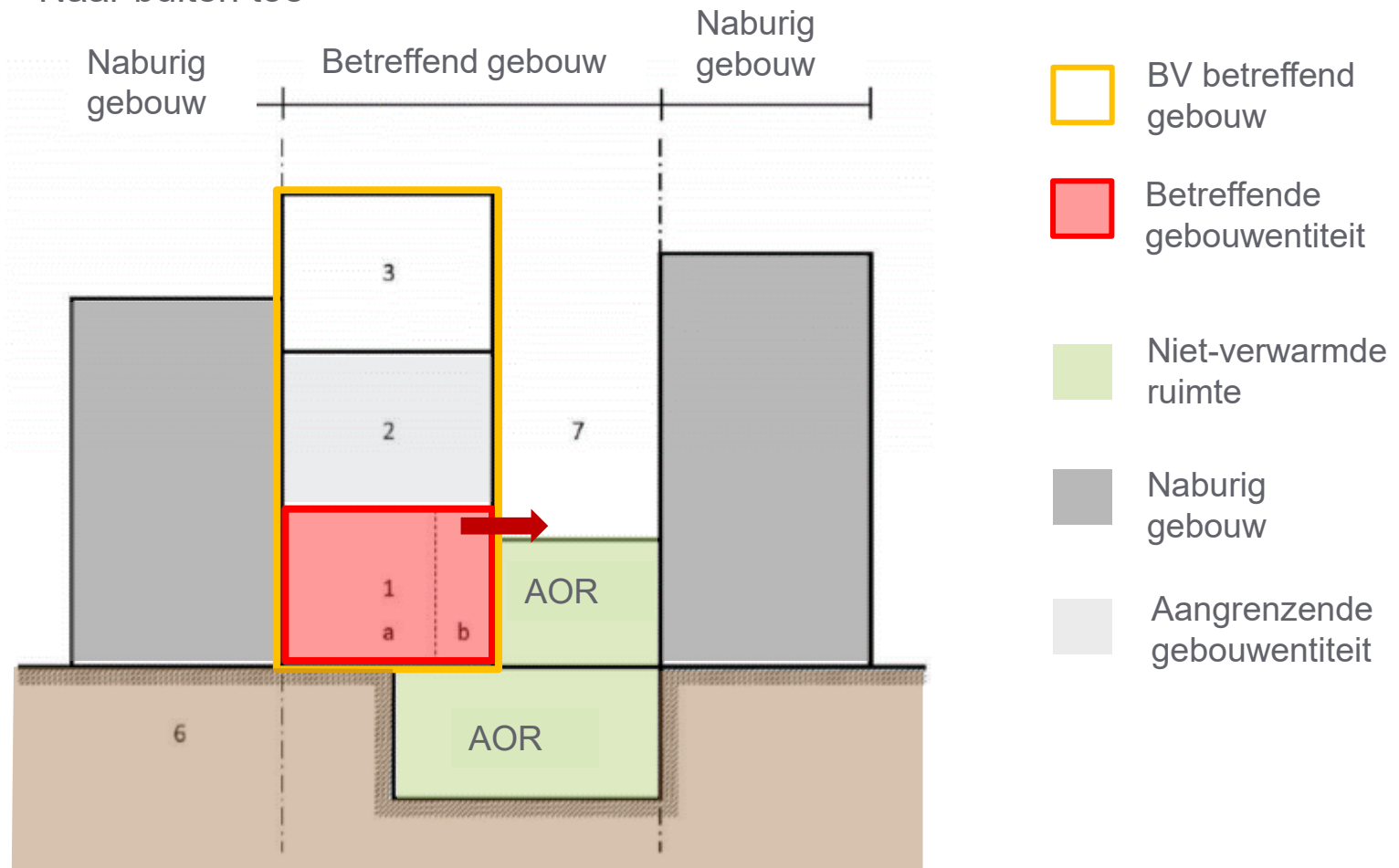
- Nominaal warmteverlies door transmissie van een verwarmde ruimte

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iaBE} + H_{T,iae} + H_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar buiten toe



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar buiten toe

$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\mathbf{H}_{T,ie} = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TB}) \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_e)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)} \quad [\text{W/K}]$$

- A_k = oppervlakte van het gebouwelement
- U_k = U van het gebouwelement
- ΔU_{TB} = supplementaire warmtedoorgangcoëfficiënt voor het inrekenen van koudebruggen
- $\Theta_{int,k}^*$ = gemiddelde temperatuur van het binnenoppervlak van het gebouwelement
- $\Theta_{int,i}$ = basisbinnentemperatuur van de betreffende verwarmde ruimte
- Θ_e = basisbuitentemperatuur

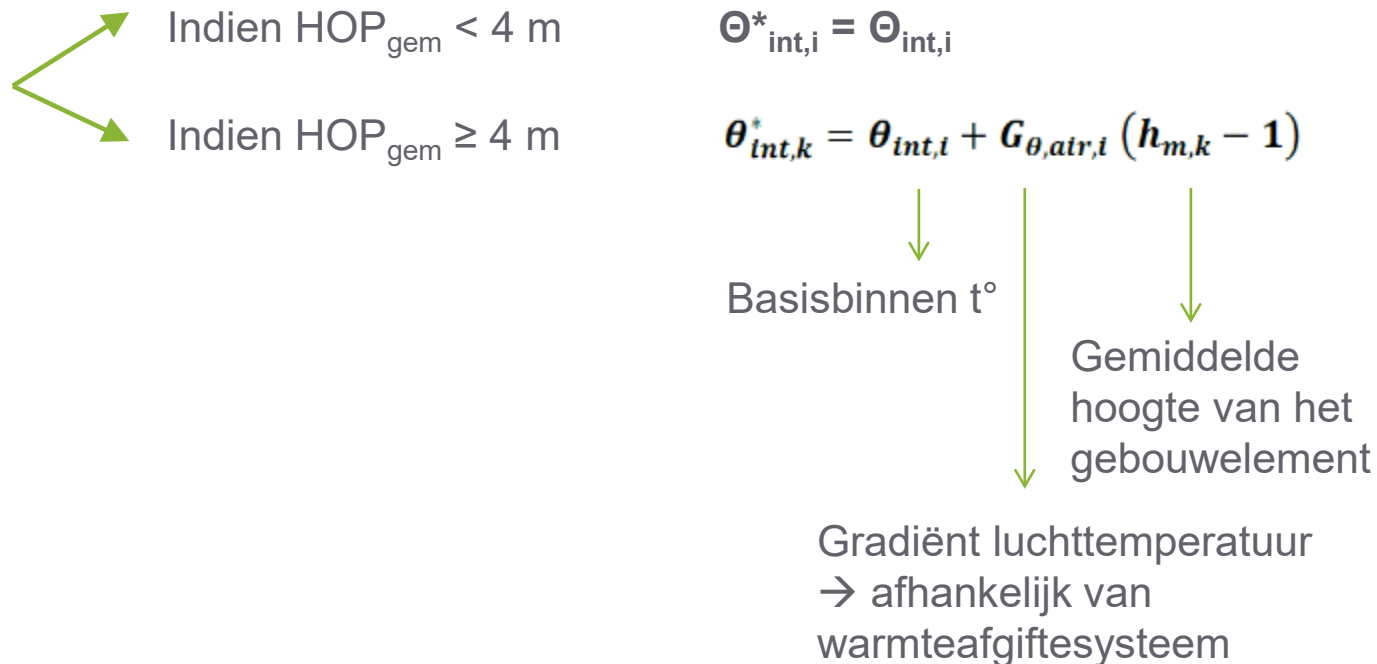


Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

► Naar buiten toe

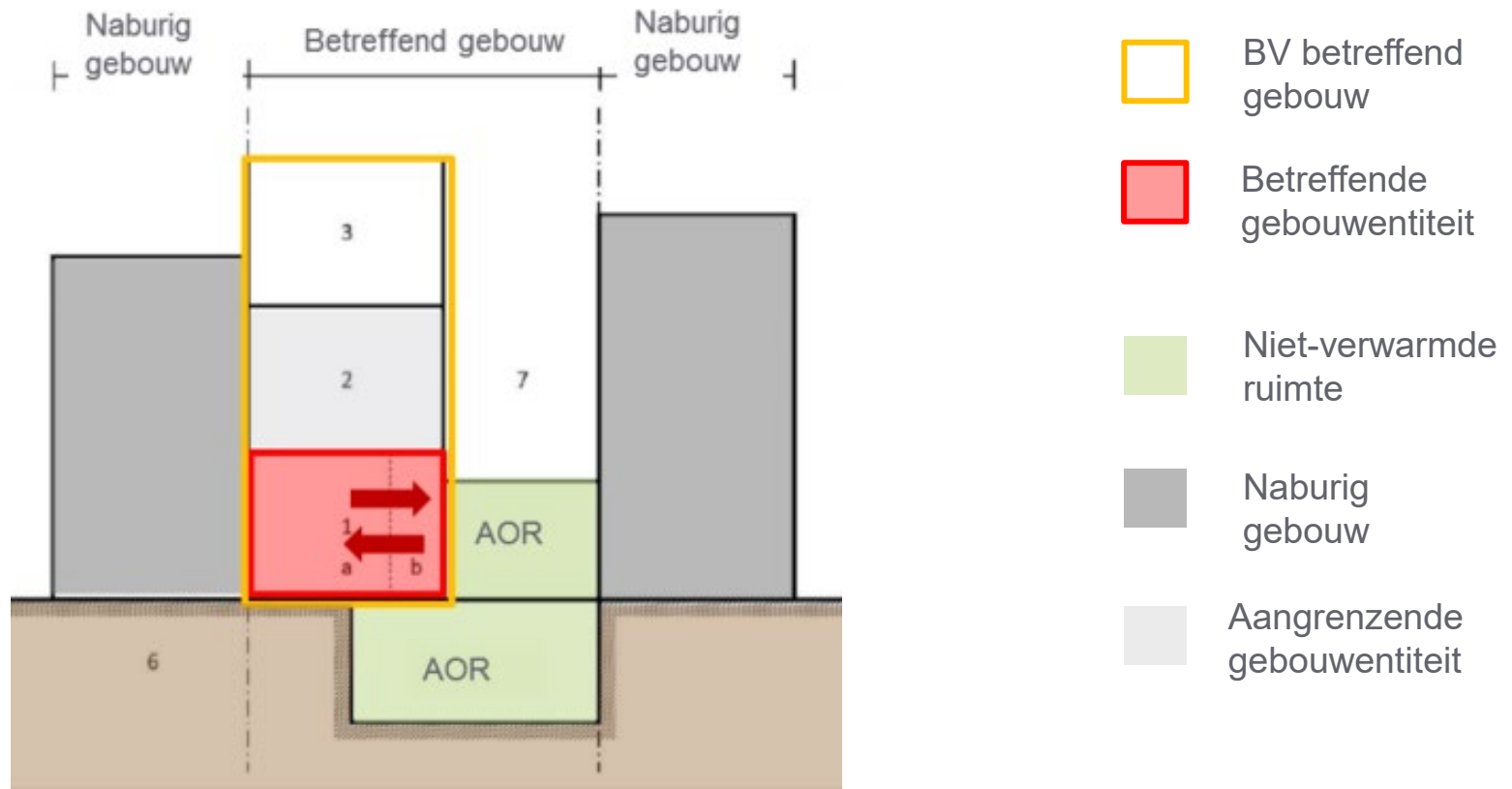
- $\Theta_{int,k}^*$ gemiddelde temperatuur van het binnenoppervlak van het gebouwelement

⇒ **Afhankelijk van stratificatie wegens hoogte van de ruimte en het warmteafgiftesysteem**



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- ▶ Naar aangrenzende verwarmde ruimten met een andere T°
 - Verschillende comforttemperaturen
 - Eventuele zone-indeling



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar aangrenzende verwarmde ruimten met een andere T°

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iaBE} + H_{T,iae} + H_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

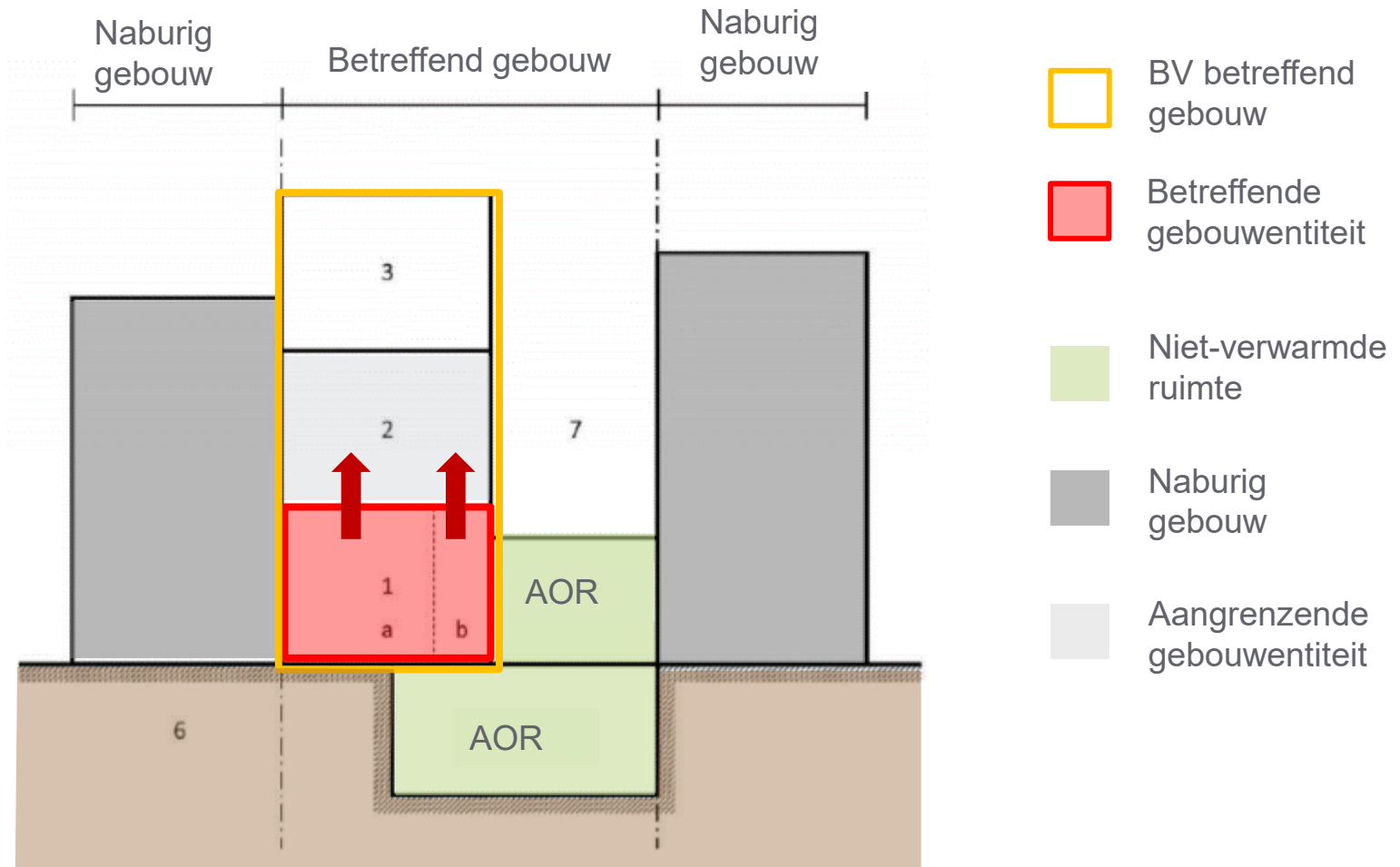
$$H_{T,ia} = \sum_j \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{int,j})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- A_k = oppervlakte van het gebouwelement
- U_k = U van het gebouwelement
- $\Theta_{int,k}^*$ = gemiddelde temperatuur van het binnenoppervlak van het gebouwelement
- $\Theta_{int,j}$ = basisbinnentemperatuur van de aangrenzende verwarmde ruimte
- $\Theta_{int,i}$ = basisbinnentemperatuur van de betreffende verwarmde ruimte
- Θ_e = basisbuitentemperatuur



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar een aangrenzende gebouwentiteit



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar een aangrenzende gebouwentiteit

$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

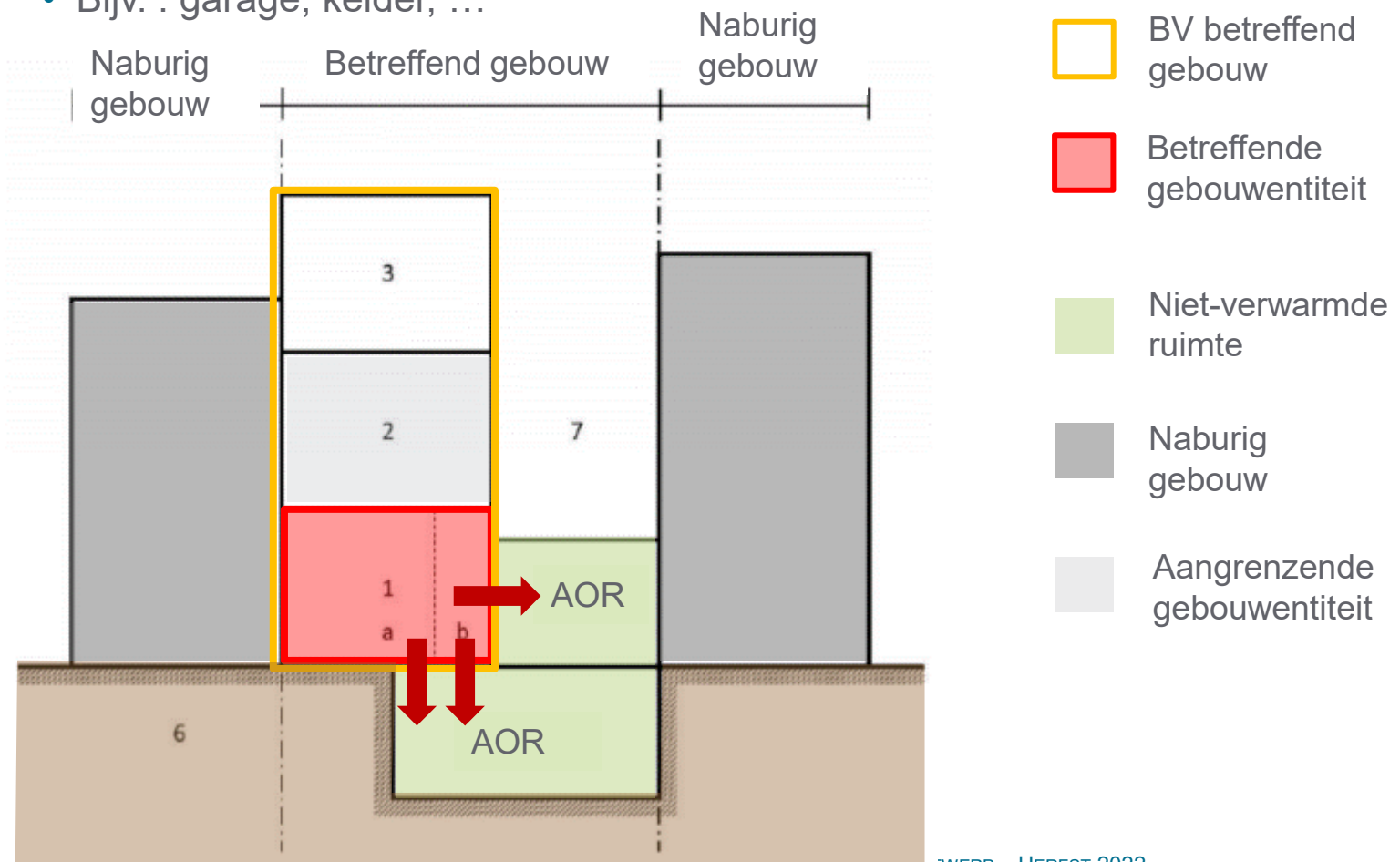
$$\mathbf{H}_{T,iaBE} = \sum_n \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{u,n})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- A_k = oppervlakte van het gebouwelement
- U_k = U van het gebouwelement
- $\Theta_{int,k}^*$ = gemiddelde temperatuur van het binnenoppervlak van het gebouwelement
- $\Theta_{u,n}$ = binnentemperatuur van de aangrenzende gebouwentiteit
- $\Theta_{int,i}$ = basisbinnentemperatuur van de betreffende verwarmde ruimte
- Θ_e = basisbuitentemperatuur



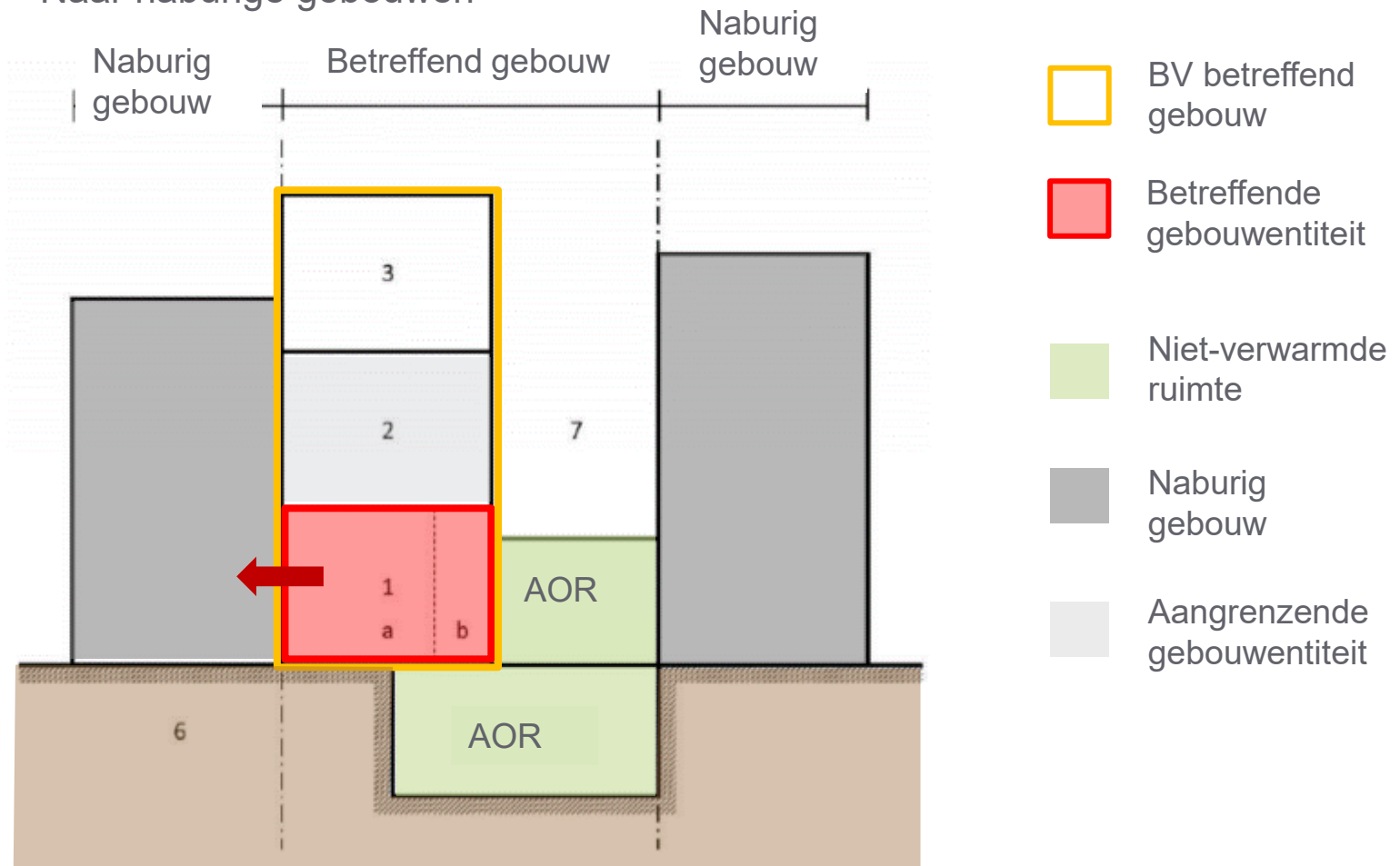
Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar een aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR)
 - Bijv. : garage, kelder, ...



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar naburige gebouwen



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar een AOR of naburige gebouwen

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iaBE} + H_{T,iae} + H_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$H_{T,iae} = \sum_p \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{ae,p})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- A_k = oppervlakte van het gebouwelement
- U_k = U van het gebouwelement
- $\Theta_{int,k}^*$ = gemiddelde temperatuur van het binnenoppervlak van het gebouwelement
- $\Theta_{ae,p}$ = binnentemperatuur van de niet-verwarmde ruimte of het naburige gebouw
- $\Theta_{int,i}$ = basisbinnentemperatuur van de betreffende verwarmde ruimte
- Θ_e = basisbuitentemperatuur



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar een AOR of naburige gebouwen

$$H_{T,iae} = \sum_p \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{ae,p})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

Tabel NA.4 - Binnentemperatuur van niet-verwarmde ruimtes

Niet-verwarmde ruimte	θ_{ae} °C
Ruimte die open is naar de buitenomgeving (oppervlakte van de opening/volume van de ruimte > 0,005 m ² /m ³)	θ_e
Ruimte onder dak onder geïsoleerd dak onder niet-geïsoleerd dak	θ_{min} θ_e
Kelder (> 70 % van de oppervlakte van de buitenmuren in contact met de grond) zonder raam noch buitendeur met ramen of buitendeuren	$\theta_{e,m}$ θ_{min}
Kruipruimte	θ_{min}
Andere ruimte zonder buitenmuur met slechts 1 buitenmuur met 2 buitenmuren en zonder buitendeur met 2 buitenmuren en minstens 1 buitendeur met drie buitenmuren of meer	$\theta_{e,m}$ $\theta_{e,m}$ $\theta_{e,m}$ θ_{min} θ_{min}



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar een AOR of naburige gebouwen

$$H_{T,iae} = \sum_p \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{ae,p})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

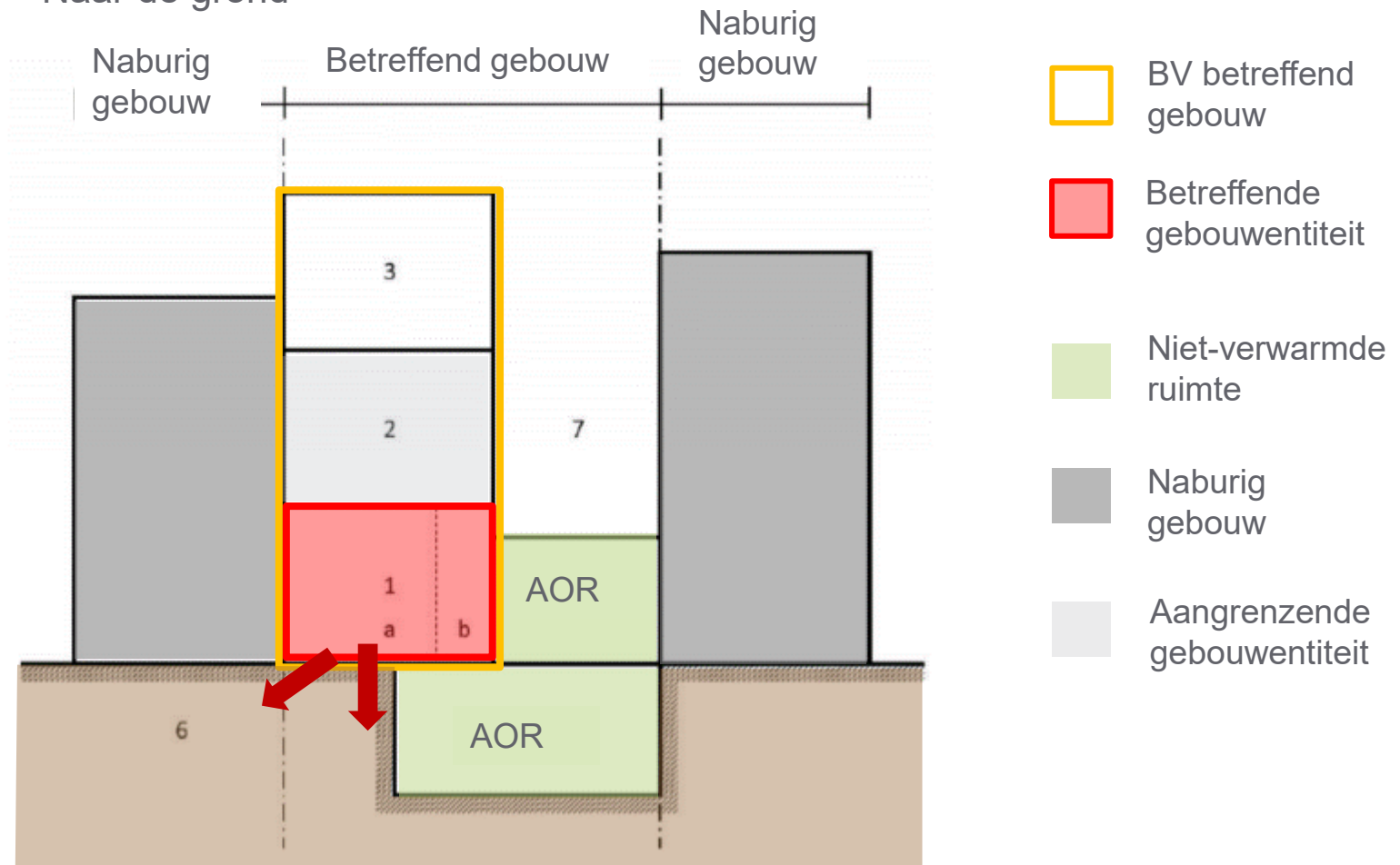
Tabel NA.5 – Binnentemperatuur van naburige gebouwen

Naburig gebouw	θ_{ae} °C
Bewoond	$\theta_{e,m}$
Niet-bewoond, normaal geïsoleerd en weinig of geen verluchting	θ_{min}
Niet-bewoond, niet-geïsoleerd of sterke verluchting	θ_e



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

► Naar de grond



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar de grond

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iaBE} + H_{T,iae} + H_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$H_{T,ig} = \underbrace{f_{\theta_{ann}}}_{=1,45} \underbrace{f_{GW}}_{=1,15} \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{e,m})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $f_{\theta_{ann}}$ = correctiefactor rekening houdend met de jaarlijkse buitentemperatuurschommeling
- f_{GW} = correctiefactor rekening houdend met de invloed van grondwater
- A_k = oppervlakte van het gebouwelement
- U_k = U van het gebouwelement
- $\theta_{int,k}^*$ = gemiddelde temperatuur van het binnenoppervlak van het gebouwelement
- $\theta_{e,m}$ = jaargemiddelde buitentemperatuur
- $\theta_{int,i}$ = basisbinnentemperatuur van de betreffende verwarmde ruimte
- θ_e = basisbuitentemperatuur



Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar de grond



⇒ Voor een vloer boven een kruipruimte of een onverwarmde kelder: berekening met formule voor AOR!





Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- ▶ Oppervlakken :
 - Vloer op grond = 72,6 m²
 - Buitenmuur = 32 – 16,7 = 15,3 m²
 - Binnenmuren naar ruimten met andere T° = 14 m²
 - Binnendeuren = 3,6 m²
 - Vensters = 16,7 m²
- ▶ Koudebruggen
 - Betreft: wanden met warmteverlies naar buiten





Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar buiten toe

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TB}) \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_e)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $HOP_{gem} < 4 \text{ m} \rightarrow \Theta_{int,i}^* = \Theta_{int,i}$

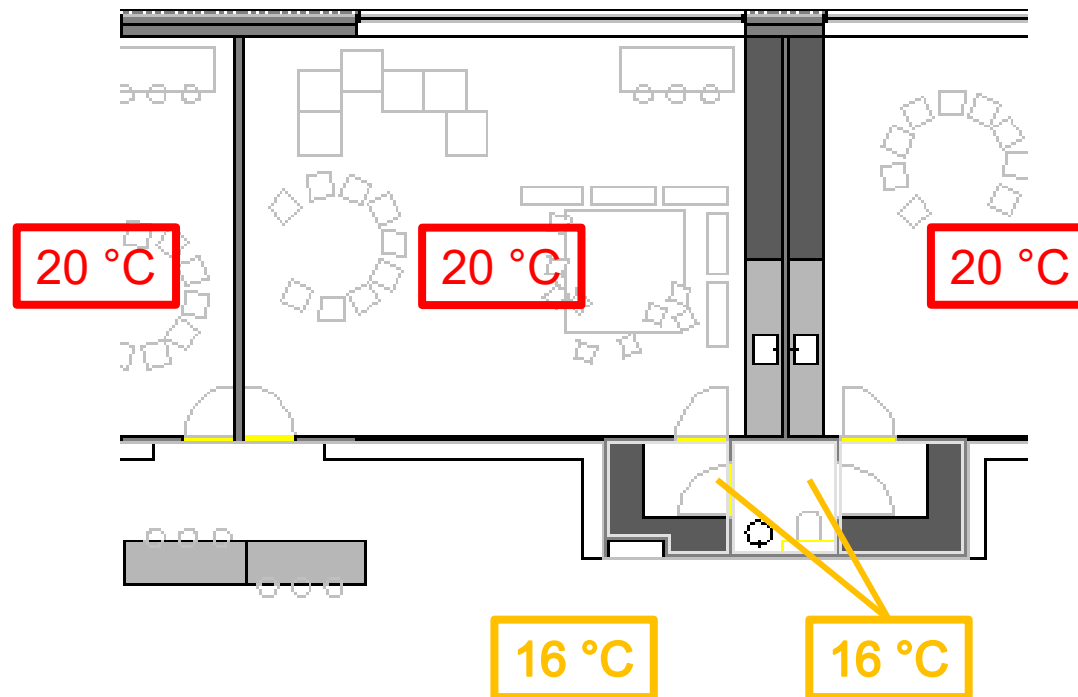
$$H_{T,ie} = \underbrace{[15,3 \cdot (0,23 + 0,05)]}_{\text{Buitenmuur}} + \underbrace{16,7 \cdot (1,3 + 0,05)}_{\text{Vensters}} \cdot \underbrace{\left[\frac{20 - (-7)}{20 - (-7)} \right]}_{=1} = 26,8 \text{ W/K}$$





Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Aangrenzende verwarmde ruimten met een andere T°





Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar aangrenzende verwarmde ruimten met een andere T°

$$H_{T,ia} = \sum_j \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{int,j})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

$$\text{► } H_{T,ia} = [14 * 1,64 + 3,6 * 2,34] \cdot \left[\frac{20 - (16)}{20 - (-7)} \right] = 4,7 \text{ W/K}$$

Binnenmuren + Binnendeuren





Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar een aangrenzende gebouwentiteit

$$H_{T,iaBE} = \sum_n \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{u,n})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $H_{T,iaBE} = 0$





Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar een AOR of naburige gebouwen

$$H_{T,iae} = \sum_p \sum_k A_k U_k \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_{ae,p})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

- $H_{T,iae} = 0$





Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Naar de grond

Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

► Naar de grond

$$\text{► } H_{T,ig} = 1,45 \cdot 1,15 \cdot [(72,6 \cdot 0,25) \cdot \frac{20 - (10)}{20 - (-7)}] = 11,2 \text{ W/K}$$

$$\text{► } H_{T,ig} = 1,45 \cdot 1,15 \cdot [(72,6 \cdot 0,25) \cdot \frac{20 - (10)}{20 - (-7)}] = 11,2 \text{ W/K}$$



Vloer op
grond





Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T

- Totaal van de warmteverliezen door transmissie

$$\Phi_{T,i} = (\underbrace{H_{T,ie}}_{\substack{\text{Buiten} \\ = 26,8 \text{ W/K}}} + \underbrace{H_{T,ia}}_{\substack{\text{Aangr.} \\ \text{ruimte } t^\circ \neq \\ = 4,7 \text{ W/K}}} + \cancel{H_{T,iaBE}} + \cancel{H_{T,iae}} + \underbrace{H_{T,ig}}_{\substack{\text{Grond} \\ = 11,2 \text{ W/K}}}) (\underbrace{\theta_{int,i}}_{20^\circ \text{C}} - \underbrace{\theta_e}_{-7^\circ \text{C}})$$

Aangr. geb.ent. = 0 W/K AOR, naburig geb. = 0 W/K

$$\Rightarrow \Phi_{T,i} = 1\,153 \text{ W}$$



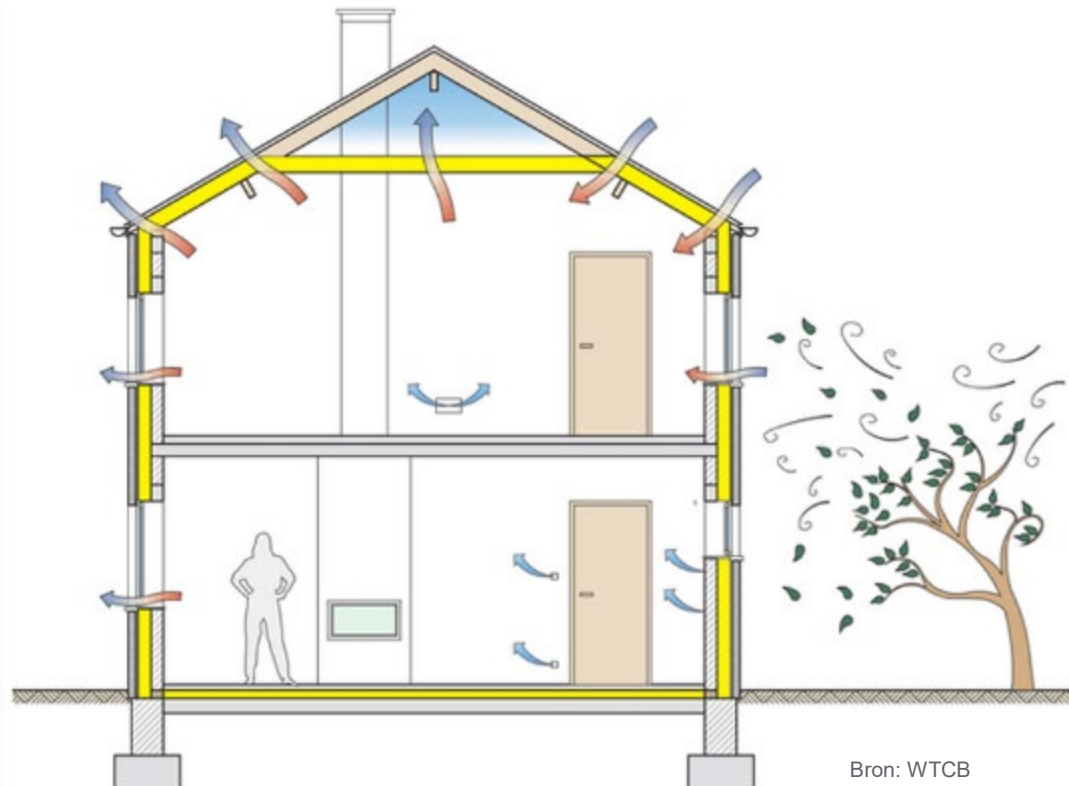
Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal vereist verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

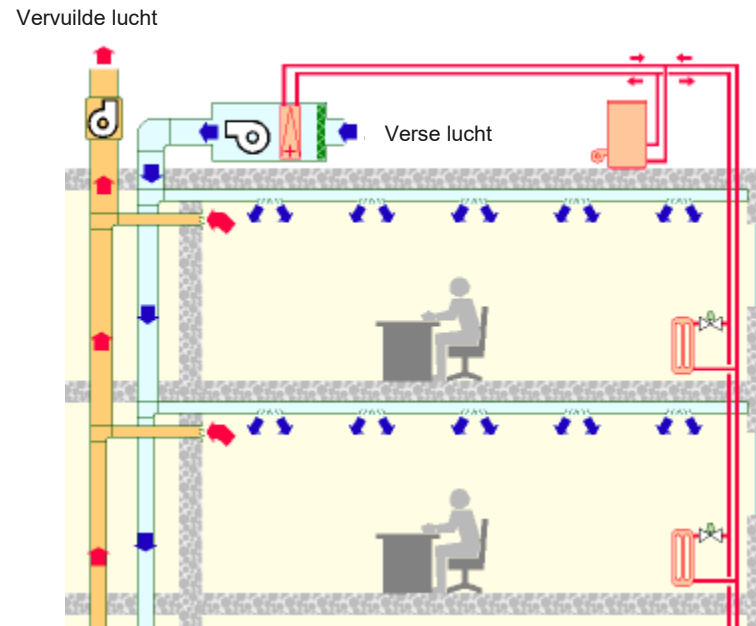
- Verliezen door infiltratie

⇒ **Afhankelijk van de luchtdichtheid**



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Warmteverliezen via het ventilatiesysteem



Bron: Energie+



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- ▶ Warmteverliezen door onderdruk
 - Wanneer het extractiedebiet van het ventilatiesysteem hoger is dan het pulsiedebiet



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Algemene formule:

$$\Rightarrow \Phi_{v,i} [W] = C \cdot Q [m^3/h] \cdot \Delta T$$

- C = massawarmte van de lucht = $0,34 \text{ W/m}^3\text{K}$
- Q = luchtdebiet [m^3/h]
- ΔT = temperatuursverschil
(bijv. tussen de omgevingstemperatuur van de ruimte en de temperatuur van de ingeblazen lucht)



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:

$$\Phi_{v,i} = 0,34 \cdot \left[\sum_r q_{v,sup,i,r} (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,r}) + \sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + \sum_j q_{v,transfer,i,j} (\theta_{int,i}^* - \theta_{int,j}^*) + q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + q_{v,inf-add,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \right] + 0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \max \left[0 ; q_{v,min,i} - \left(\sum_r q_{v,sup,i,r} + \sum_s q_{v,ATD,i,s} + \sum_j q_{v,transfer,i,j} + q_{v,leak,i} + q_{v,inf-add,i} \right) \right]$$

- $Q_{v,sup,i,r}$ = debiet via mechanische luchttoevoer (via MTO)
- $Q_{v,ATD,i,s}$ = debiet via natuurlijke luchttoevoer (RTO = roosters, ventilatie-inr., enz.)
- $Q_{v,transfer,i,j}$ = luchtdoorstroming van de ene ruimte naar de andere
- $Q_{v,leak,i}$ = luchtlekken door infiltratie
- $Q_{v,inf-add,i}$ = lucht afkomstig van een onevenwicht wanneer $Q_{pulsie} < Q_{extractie}$



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:
 - Mechanische ventilatie – ingeblazen lucht via MTO

$$\sum_r q_{v,sup,i,r} (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,r})$$

→ Temperatuur van de lucht aangevoerd via ventilatiemonder

Gemiddelde temperatuur van de binnenlucht in de betreffende verwarmde ruimte:

→ $H < 4$ m: $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i}$

→ $H \geq 4$ m: $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left(\frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$

Luchtdebiet in de betreffende verwarmde ruimte aangevoerd via ventilatiemonden (MTO)



Calcul des déperditions calorifiques de base par renouvellement d'air Φ_v

- Specifieke formule van de norm::

- Mechanische ventilatie – ingeblazen lucht via MTO

$\Theta^*_{int,i}$ Gemiddelde temperatuur van de binnenlucht in de betreffende verwarmde ruimte:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Indien } HOP_{gem} < 4 \text{ m} & \Theta^*_{int,i} = \Theta_{int,i} \\
 \text{Indien } HOP_{gem} \geq 4 \text{ m} & \theta^*_{int,i} = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left(\frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}
 \end{array}$$

↓

Basisbinnen t°

↓

Gemiddelde
HOP van
de ruimte

↓

Gradiënt luchttemperatuur
→ afhankelijk van
warmteafgiftesysteem

↓

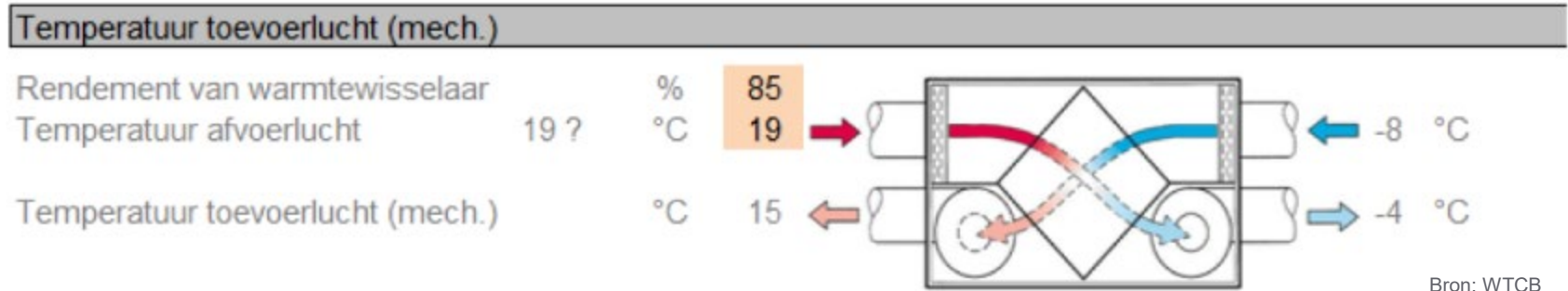
≠ tussen lucht t°
en operationele t°



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:
 - Mechanische ventilatie – ingeblazen lucht via MTO
Temperatuur van de lucht aangevoerd via ventilatiemonden

⇒ Indien mechanische ventilatie met dubbele stroom en warmteterugwinning: berekening volgens het rendement van de warmtewisselaar



⇒ Indien zonder warmteterugwinning:
 T° ingeblazen lucht = buitentemperatuur

$$\Theta_{\text{rec,r}} = \Theta_e$$



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:
 - Natuurlijke ventilatie – ingeblazen lucht via RTO

$$\sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e)$$

Temp. lucht aangevoerd via RTO
= buitentemperatuur

Gemiddelde temperatuur van de binnenlucht in de betreffende verwarmde ruimte:

→ $H < 4 \text{ m}$: $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i}$

→ $H \geq 4 \text{ m}$: $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left(\frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$

Luchtdebiet in de betreffende verwarmde ruimte aangevoerd via regelbare toevoeropeningen (RTO)



Bron: WTCB



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:
 - Ventilatie - luchtdoorstroming van de ene ruimte naar

$$\sum_j q_{v,transfer,i,j} (\theta_{int,i}^* - \theta_{int,j}^*)$$

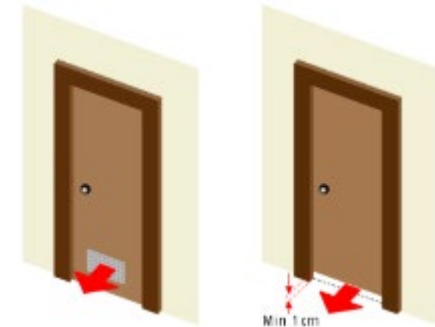
→ Gemiddelde temp. van de binnenlucht in de ruimte van waaruit de lucht doorstroomt

→ Gemiddelde temperatuur van de binnenlucht in de betreffende verwarmde ruimte:

→ $H < 4 \text{ m}$: $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i}$

→ $H \geq 4 \text{ m}$: $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left(\frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$

→ Luchtdebiet in de betreffende verwarmde ruimte aangevoerd via regelbare toevoeropeningen (RTO)



Bron: Energie+



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:
 - Luchtlekken door infiltratie

$$q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e)$$

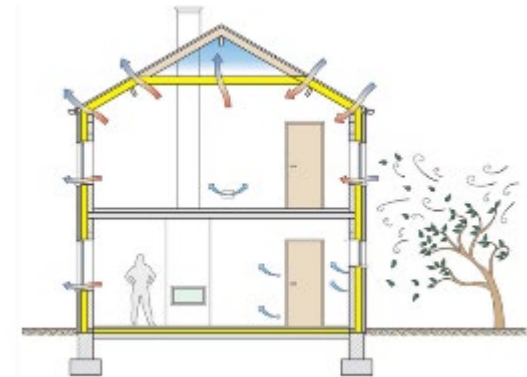
→ Buitentemperatuur

Gemiddelde temperatuur van de binnenlucht in de betreffende verwarmde ruimte:

$$\rightarrow H < 4 \text{ m: } \theta_{int,i}^* = \theta_{int,i}$$

$$\rightarrow H \geq 4 \text{ m: } \theta_{int,i}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left(\frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$$

→ Luchtinfiltratiedebiet in de betreffende verwarmde ruimte



Bron: WTCB



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:

- Luchtlekken door infiltratie

Luchtinfiltratiedebiet in de betreffende verwarmde ruimte

Afhankelijk van het luchtdichtheidsniveau van het gebouw

$$q_{50} = n_{50} \sum V_i$$

$$q_{v,leak,i} = f_{qv} q_{50} \frac{V_i}{\sum V_i}$$

→ = 0,1 voor de vereenvoudigde methode volgens ANB

- ⇒ n_{50} bekend:
zie resultaat van de blowerdoortest, eis van bestek, EPB-reglementering, ...
- ⇒ n_{50} onbekend: → standaardwaarde $n_{50} = 6 \text{ h}^{-1}$



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:

- Luchtlekken door bijkomende luchtinfiltratie wegens een onevenwicht wanneer $Q_{\text{pulsie}} < Q_{\text{extractie}}$

$$q_{v,inf-add,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e)$$

→ Buitentemperatuur

Gemiddelde temperatuur van de binnenlucht in de betreffende verwarmde ruimte:

→ $H < 4$ m: $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i}$

→ $H \geq 4$ m: $\theta_{int,i}^* = \theta_{int,i} + G_{\theta,air,i} \left(\frac{h_i}{2} - 1 \right) - \Delta\theta_{rad}$

→ Luchtdebiet door bijkomende luchtinfiltratie

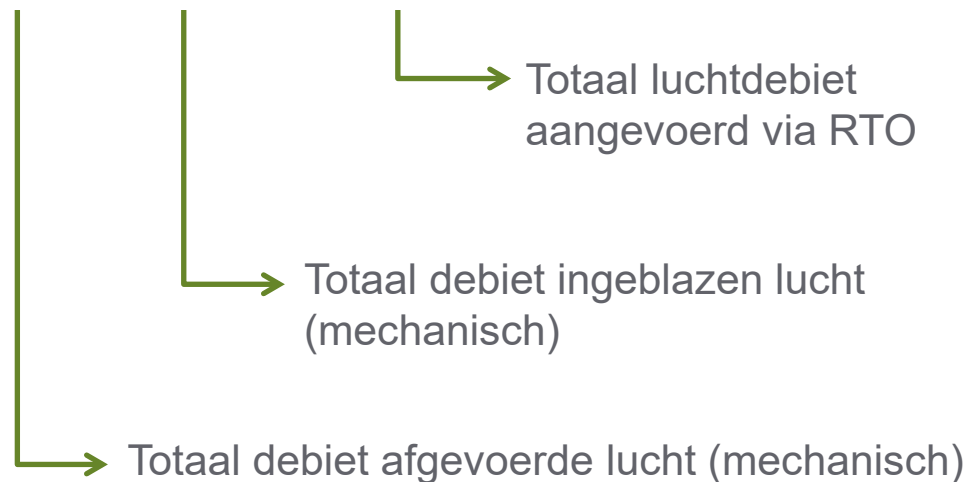


Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:

- Luchtlekken door bijkomende luchtinfiltratie wegens een onevenwicht wanneer $Q_{\text{pulsie}} < Q_{\text{extractie}}$
Luchtdebiet door bijkomende luchtinfiltratie

$$q_{v,inf-add,i} = \max \left[0 ; 0,5 \left(q_{v,exh,tot} - q_{v,sup,tot} - q_{v,ATD,tot} \right) \frac{V_i}{\sum V_i} \right]$$



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:

$$\Phi_{v,i} = 0,34 \cdot \left[\sum_r q_{v,sup,i,r} (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,r}) + \sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + \sum_j q_{v,transfer,i,j} (\theta_{int,i}^* - \theta_{int,j}^*) + q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + q_{v,inf-add,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \right] + 0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \max \left[0 ; q_{v,min,i} - \left(\sum_r q_{v,sup,i,r} + \sum_s q_{v,ATD,i,s} + \sum_j q_{v,transfer,i,j} + q_{v,leak,i} + q_{v,inf-add,i} \right) \right]$$

⇒ **Corrigerende term om rekening te houden met een minimaal luchtdebiet vastgelegd door ANB**



Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Specifieke formule van de norm:

$$0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \max \left[0 ; q_{v,min,i} - \left(\sum_r q_{v,sup,i,r} + \sum_s q_{v,ATD,i,s} + \sum_j q_{v,transfer,i,j} + q_{v,leak,i} + q_{v,inf-add,i} \right) \right]$$



$$q_{v,min,i} = n_{min,i} V_i$$

NA.8 Minimaal luchtversersingsvoud

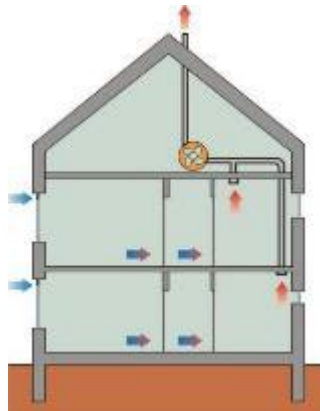
Affectatie	n_{min} h^{-1}
(Deel van een) residentieel gebouw	0,5
(Deel van een) niet-residentieel gebouw	0,5





Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- ▶ Hygiënische ventilatie:
 - Via systeem C
 - Debiet hygiënische ventilatie bepaald door de ontwerper: 572 m³/h
 - Gebouw in evenwicht: $q_{\text{pulsie}} = q_{\text{extractie}}$



- ▶ Luchtdichtheid:
 - $n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$
 - Binnenvolume van de ruimte: 191,4 m³





Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- ▶ Natuurlijke ventilatie – ingeblazen lucht via RTO
 - Via systeem C
 - Debiet hygiënische ventilatie bepaald door de ontwerper: 572 m³/h

$$\sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) = 572 * (20 - (-7)) = 15\,444$$





Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

► Luchtlekken door infiltratie

- $n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$
- Binnenvolume van de ruimte: $191,4 \text{ m}^3/\text{h}$

$$q_{50} = n_{50} \sum V_i = 2,5 * 191,4 = 478,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,leak,i} = f_{qv} q_{50} \frac{V_i}{\sum V_i} = 0,1 * 478,5 = 47,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) = 47,85 * (20 - (-7)) = 1\,291,95$$





Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_v

- Totale balans:

$$\Phi_{v,i} = 0,34 \cdot \left[\sum_r q_{v,sup,i,r} (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,r}) + \sum_s q_{v,ATD,i,s} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + \sum_j q_{v,transfer,i,j} (\theta_{int,i}^* - \theta_{int,j}^*) + q_{v,leak,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + q_{v,inf-add,i} (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \right] + 0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \max \left[0 ; q_{v,min,i} - \left(\sum_r q_{v,sup,i,r} + \sum_s q_{v,ATD,i,s} + \sum_j q_{v,transfer,i,j} + q_{v,leak,i} + q_{v,inf-add,i} \right) \right]$$

$$\Phi_{v,i} = 0,34 \cdot \left[\begin{array}{c} 0 \\ + \\ 15.444 \\ + \\ 0 \\ + \\ 1.291,95 \\ + \\ 0 \end{array} \right] + 0,34 \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) \cdot \max \left[\begin{array}{c} 0 \end{array} \right] = 5.690,22 \text{ W}$$



Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal vereist verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$

$$\Rightarrow \Phi_{\text{totaal}} = \Phi_T + \Phi_V$$

= Warmteverliezen door transmissie + warmteverliezen door ventilatie


$$\Rightarrow \text{Voor de gevalstudie: } \Phi_{\text{totaal}} = 1.153 + 5.690 = 6.843 \text{ W}$$



Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal vereist verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

- ▶ De intermitterend verwarmde ruimten vereisen een opwarmvermogen om na een periode van verwarmingsonderbreking de gewenste nominale binnentemperatuur te bereiken binnen een bepaalde tijd.

- ▶ Dit vermogen is afhankelijk van de volgende factoren:
 - het niveau van isolatie van het gebouw
 - het luchtinfiltratiedebiet tijdens de verlaging of onderbreking van de verwarming en tijdens de opwarmperiode;
 - de warmtecapaciteit (thermische inertie);
 - de vermoedelijke opwarmtijd;
 - de temperatuurdaling tijdens de verlaging (onderbreking) van de verwarming, en de toegepaste opwarmtijd;
 - de kenmerken van het regelsysteem.



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

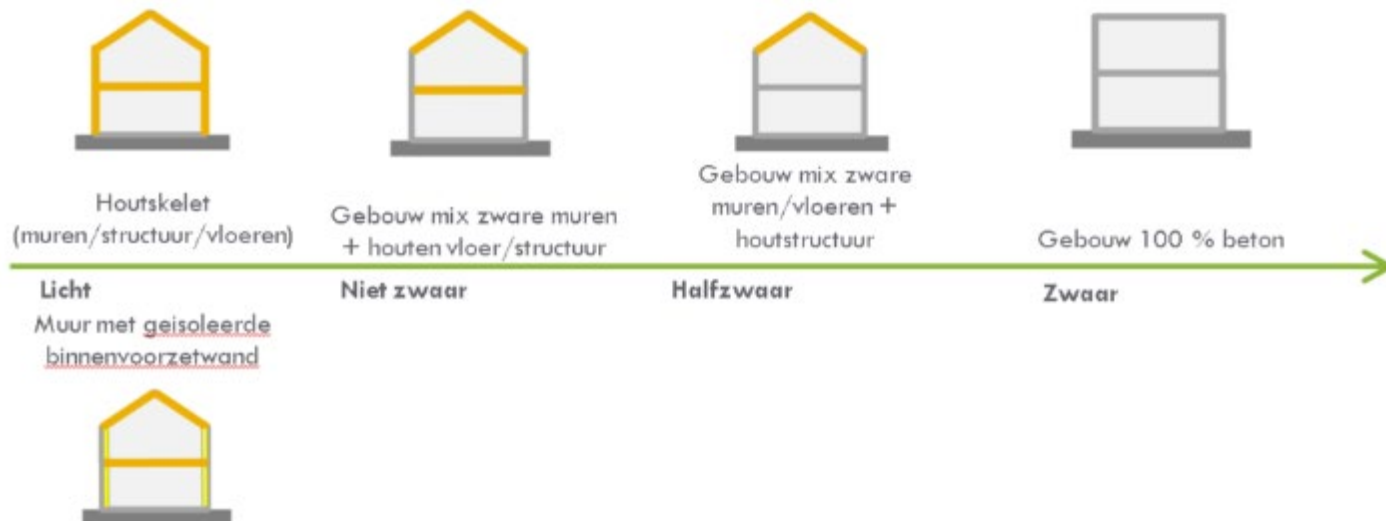
- ▶ Een opwarmvermogen is niet altijd nodig, bijvoorbeeld indien:
 - het regelsysteem de onderbreking kan uitschakelen op de koudste dagen;
 - de warmteverliezen (ventilatieverliezen) kunnen worden beperkt tijdens de onderbreking.
- ▶ Het opwarmvermogen moet worden overeengekomen met de klant.
- ▶ Het opwarmvermogen kan in detail worden bepaald aan de hand van dynamische rekenmethoden.

⇒ **Keuze van de ontwerper en van de bouwheer!**



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

- ▶ $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} \quad [W]$
- ▶ Hangt af van de gebouwmassa:
 - Zware gebouwmassa = vloeren en plafonds in beton, muren in baksteen of beton
 - Gemiddelde gebouwmassa = vloeren en plafonds in beton, lichte binnenmuren
 - Lichte gebouwmassa = zwevende plafonds en vloeren, lichte binnenmuren



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

- ▶ $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} \quad [W]$
- ▶ Hangt af van de gebouwmassa
 - Volgens de norm NBN EN 12831-1:

Tableau B.4 — Capacité volumique de stockage thermique, valeurs nationales par défaut

Catégorie	Caractérisation	C_{eff} [Wh/(m ³ ·K)]
basse	a) rapport élevé entre le volume intérieur et le volume extérieur (par exemple des halles industrielles ou de stockage) b) construction principalement légère, telle que : 1) toits légers 2) murs légers (structure en bois, panneaux sandwich, etc.) c) plafonds suspendus d) faux-planchers	15
moyenne/ élevée	a) faible rapport entre le volume intérieur et le volume extérieur, faible hauteur des pièces, murs épais b) construction principalement massive, telle que : 1) murs en briques ou en béton 2) planchers/plafonds en béton	50



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

- ▶ $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} \quad [W]$
- ▶ Te berekenen voor elk vertrek
 - Om de warmteafgiftesystemen te dimensioneren
 - Om de warmteopwekking te dimensioneren



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

- ▶ Voor residentiële gebouwen:
 - De norm NBN EN 12831-1 ANB:2020 beveelt aan geen rekening te houden met extra opwarmvermogen.
- ⇒ **Regeling die temperatuurverlaging voorkomt op de koudste dagen.**



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

- ▶ Voor **niet-residentiële** gebouwen:
In de volgende omstandigheden is de vereenvoudigde berekeningsmethode mogelijk:
 - De periode van onderbreking (weekendverlaging) is korter dan 48 uur.
 - De bezettingsperiode op werkdagen is langer dan 8 uur per dag.
 - De nominale binnentemperatuur ligt tussen 20 °C en 22 °C.



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

- Voor **niet-residentiële** gebouwen:
NBN EN 12831-1 ANB:2020
 - Standaard voorverwarmingstijd:

Periode van verlaging / niet-gebruik	Opwarmtijd
≤ 8 u.	2 u.
> 8 u. en ≤ 14 u.	2 u.
> 14 u. en ≤ 62 u.	4 u.
> 62 u. en ≤ 168 u.	6 u.



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

$$\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} \quad [W]$$

Tableau F.1 — Puissance spécifique de préchauffage pour des temps sans utilisation compris entre 8 h et 168 h

Période de non-utilisation $t_{du,i}$ [h]	8				14				62				168	
	— abaissement nocturne dans les bâtiments résidentiels — exploitation avec deux équipes				— abaissement nocturne dans les bureaux — exploitation avec une équipe				— abaissement de fin de semaine				— période de vacances	
Taux de renouvellement de l'air pendant l'abaissement ^a $n_{ab,i}$ [h]	0,1		0,5		0,1		0,5		0,1		0,5		-	
Temps de préchauffage	Capacité de stockage thermique ^b													
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
$t_{hu,i}$ [h]	Puissance spécifique de préchauffage $\varphi_{hu,i}$ [W/m ²]													
0,5	63	16	74	26	88	38	91	56	92	> 100	92	> 100	92	> 100
1	34	10	43	16	50	29	50	43	55	100	55	> 100	55	> 100
2	14	3	21	8	28	18	28	29	32	86	32	> 100	32	> 100
3	5	0	10	2	17	12	18	21	23	73	22	94	23	> 100
4	0	0	3	0	11	7	12	15	17	64	17	84	17	95
6	0	0	0	0	3	1	5	5	10	52	10	70	10	81
12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	31	2	45	2	57

^a Un taux de renouvellement de l'air de $n_{ab,i} = 0,1 \text{ h}^{-1}$ peut être supposé si les fenêtres et les portes sont fermées.

^b l – basse ; h – moyenne/élevée ; voir c_{ϕ} , Paragraphe 6.3.5, Paragraphe A.2.7/B.2.7.

^a Un taux de renouvellement de l'air de $n_{ab,i} = 0,1 \text{ h}^{-1}$ peut être supposé si les fenêtres et les portes sont fermées.

^b l – basse ; h – moyenne/élevée ; voir $c_{d,s}$ Paragraphe 6.3.5, Paragraphe A.2.7/B.2.7.

Bron: NBN EN 12831-1



Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}

- ▶ Standaard: $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} = 66 \cdot 64 = 4\,224\text{ W}$
- ▶ Variant: $\Phi_{hu,i} = A_i \varphi_{hu,i} = 66 \cdot 31 = 2\,046\text{ W}$

Tableau F.1 — Puissance spécifique de préchauffage pour des temps sans utilisation compris entre 8 h et 168 h

	8				14				62				168			
Période de non-utilisation $t_{du,i}$ [h]	— abaissement nocturne dans les bâtiments résidentiels — exploitation avec deux équipes				— abaissement nocturne dans les bureaux — exploitation avec une équipe				— abaissement de fin de semaine				— période de vacances			
Taux de renouvellement de l'air pendant l'abaissement ^a $n_{ab,i}$ [h]	0,1		0,5		0,1		0,5		0,1		0,5		-			
Temps de préchauffage	Capacité de stockage thermique ^b															
	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h
$t_{hu,i}$ [h]	Puissance spécifique de préchauffage $\varphi_{hu,i}$ [W/m ²]															
0,5	63	16	74	26	88	38	91	56	92	> 100	92	> 100	92	> 100	92	> 100
1	34	10	43	16	50	29	50	43	55	100	55	> 100	55	> 100	55	> 100
2	14	3	21	8	28	18	28	29	32	46	32	> 100	32	> 100	32	> 100
3	5	0	10	2	17	12	18	21	23	33	22	94	23	> 100	23	> 100
4	0	0	3	0	11	7	12	15	17	24	11	95	11	> 100	11	> 100
6	0	0	0	0	3	1	5	5	10	12	10	70	10	70	10	81
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	2	57	2	57	2	57

^a Un taux de renouvellement de l'air de $n_{ab,i} = 0,1 \text{ h}^{-1}$ peut être supposé si les fenêtres et les portes sont fermées.

^b l – basse ; h – moyenne/élevée ; voir c_{eff} , Paragraphe 6.3.5, Paragraphe A.2.7/B.2.7.

^a Un taux de renouvellement de l'air de $n_{ab,i} = 0,1\text{ h}^{-1}$ peut être supposé si les fenêtres et les portes sont fermées.

^b l – basse ; h – moyenne/élevée ; voir c_{de} , Paragraphe 6.3.5, Paragraphe A.2.7/B.2.7.



Stap	Te volgen procedure
a)	Bepaling van de basisgegevens
b)	Definitie van elke ruimte in het gebouw
c)	Vaststelling van de kenmerken van de wanden voor elke ruimte
d)	Berekening van de warmteverliezen door transmissie Φ_T
e)	Berekening van de warmteverliezen door ventilatie Φ_V
f)	Berekening van de totale warmteverliezen = $\Phi_T + \Phi_V$
g)	Berekening van het opwarmvermogen Φ_{RH}
h)	Berekening van totaal vereist verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$



Berekening van totaal vereist verwarmingsvermogen: $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$

⇒ $\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH}$

= Verliezen door transmissie + verliezen door ventilatie + opwarmvermogen

⇒ Voor de gevalstudie:

Standaard herinschakeling: $\Phi_{\text{totaal}} = 1.153 + 5.690 + 4.224 = 11.067 \text{ W}$

Geoptimaliseerde herinschakeling: $\Phi_{\text{totaal}} = 1.153 + 5.690 + 2.046 = 8.889 \text{ W}$

⇒ De warmteafgiftelichamen moeten zo gedimensioneerd zijn dat ze een vermogen van 11.067 W of 8.886 W garanderen, afhankelijk van de keuze van de voorverwarmingstijd

⇒ Deze berekening moet worden uitgevoerd voor alle ruimten van het gebouw om de warmteproductie te dimensioneren



Vaststelling van het aantal generatoren

- NBN D 30-001

	Ketel 1	Ketel 2	Ketel 3
$P < 200 \text{ kW}$	$1,1 \times P$	-	-
$200 < P < 600 \text{ kW}$	$0,6 \times P$	$0,6 \times P$	-
$P > 600 \text{ kW (*)}$	$0,33 \times P$	$0,33 \times P$	$0,5 \times P$
(*) Voor de eenvormigheid kunnen ook 3 identieke ketels van $0,39 \times P$ worden geplaatst.			



DEFINITIE VAN DE BEHOEFTE EN EISEN VOOR DE
DIMENSIONERING VAN EEN VERWARMINGSINSTALLATIE
DE VERSCHILLENDE DIMENSIONERINGSMETHODEN
BEREKENING VAN DE WARMTEVERLIEZEN (NBN EN 12831-1
ANB:2020)

BELANG VAN HET OPWARMVERMOGEN



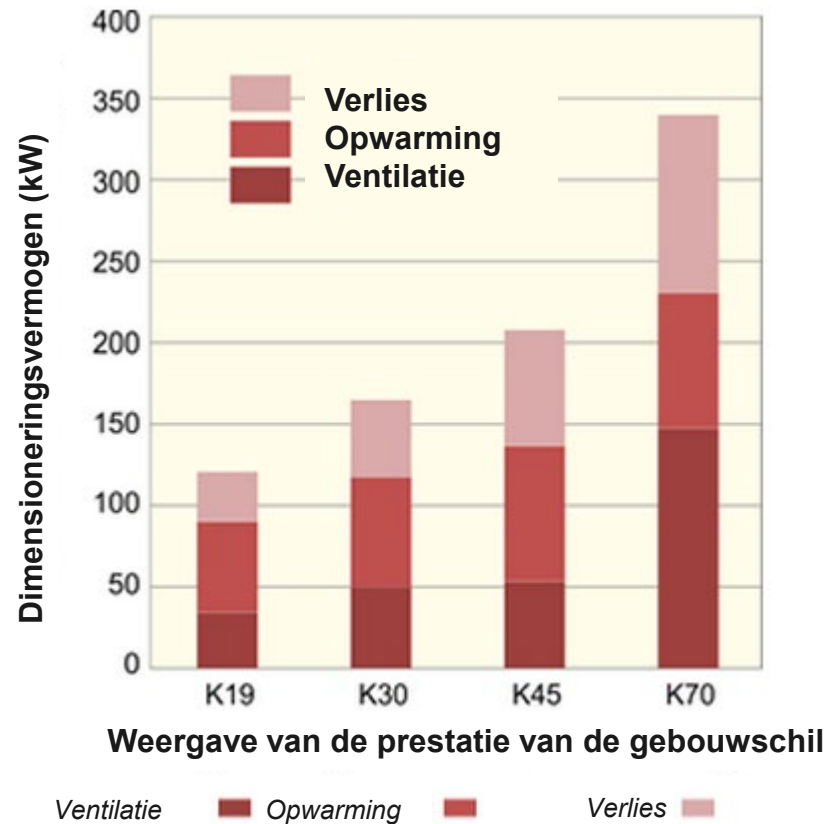
Bestudeerd voorbeeld

- ▶ Verliesvermogen:
 - Met standaard herinschakeling: 168 W/m^2
 - Met geoptimaliseerde herinschakeling: 135 W/m^2
 - ▶ Opwarmvermogen:
 - Standaard herinschakeling: $64 \text{ W/m}^2 \approx 38 \% \text{ totaal vermogen}$
 - Geoptimaliseerde herinschakeling: $31 \text{ W/m}^2 \approx 23 \% \text{ totaal vermogen}$
- ⇒ **Belang van de gekozen strategie voor herinschakeling**
- ▶ Laag vermogen *relatief gezien* want ventilatiesysteem C en standaard gebouwschil



In sommige performante gebouwen

- ▶ $\Phi_{\text{verliezen}} < \Phi_{\text{opwarming}}$
- ▶ Grafiek:

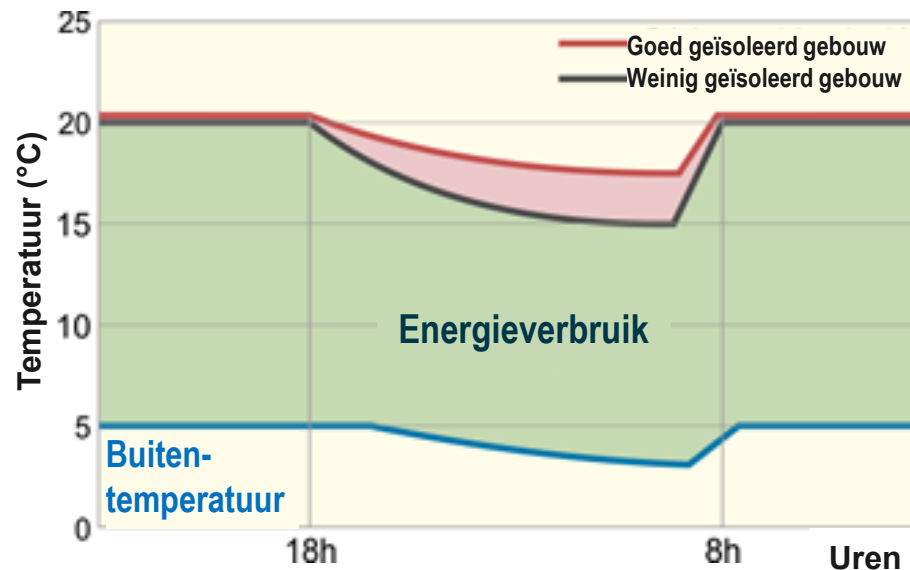


Bron: Energie+



Heeft een verbetering van de gebouwschil gevolgen op het vlak van het vermogen?

- ▶ Zeker!
 - ▶ Op zichzelf gesproken neemt het opwarmvermogen af:
 - Minder sterke temperatuurval tijdens onderbreking
 - Zelfde opwarmduur
- = Minder hoog vermogen

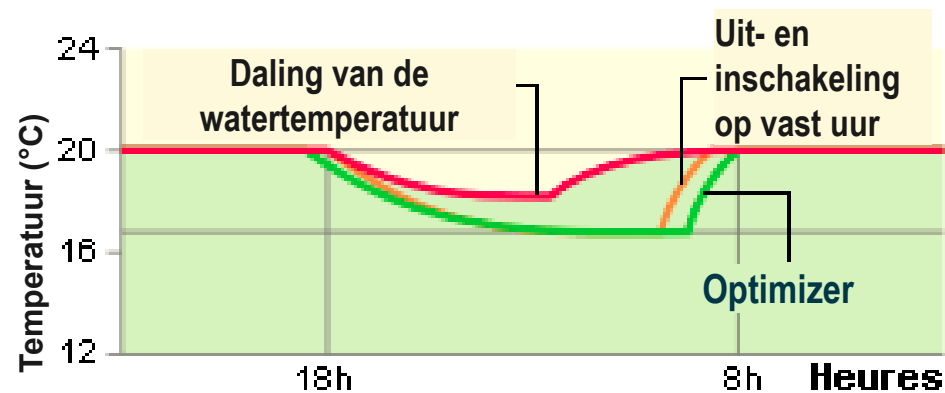


Bron: Energie+



Hoe kan het opwarmvermogen worden vermeden?

- Plaatsing van een optimizer
 - Op basis van de buitentemperatuur
 - Op basis van de buitentemperatuur **en** de binnentemperatuur
 - Auto-aanpassing



Bron: Energie+



Hoe kan het opwarmvermogen worden vermeden?

- ▶ Plaatsing van een optimizer
 - Op basis van de buitentemperatuur
 - Op basis van de buitentemperatuur en de binnentemperatuur
 - Auto-aanpassing

Basisrichtwaarde = 20°C op 8 uur

Dag	Richtwaarde
Dag 1	$T^{\circ}\text{buiten} + T^{\circ}\text{binnen}$
Dag 2	Fout vorige dag + T°
Dag 3	Fout vorige dag + T°
Dag 4	Optimale regeling

⇒ **Hetzelfde voor het moment van uitschakeling**



Hoe kan het opwarmvermogen worden vermeden?

- ▶ Zet het ventilatiesysteem uit (minimum)
 - Zo kunnen de warmteverliezen door ventilatie tot een minimum worden beperkt in de periode waarin het gebouw niet bezet is
 - Volgens norm NBN EN 15251 :
 - Minimum 2 vol/u voor bezetting
 - 0,1 tot 0,2 l/s.m² continu
 - Het is ook mogelijk te verwarmen op lucht met een recyclageklep tijdens de opwarming



Dit vermogen mag niet over het hoofd worden gezien:

- ▶ Gebruikelijke praktijk in bestaande gebouwen
- ▶ Maar mag niet worden vergeten in passiefgebouwen, ZLE-gebouwen, enz.





- ▶ Een balans van de warmteverliezen is van het grootste belang voor de dimensionering van de verwarmingsinstallatie, zowel bij renovatie- als bij nieuwbouwprojecten
- ▶ Uitgevoerd volgens norm NBN EN 12831-1 ANB:2020
- ▶ Het opwarmvermogen moet in aanmerking worden genomen





Gids duurzame gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- Thema ENERGIE

Dossier | Verwarming en sanitair warm water: efficiënte installaties garanderen (distributie en afgifte)



Websites

- NBN: www.nbn.be

Normen tegen betaling

- www.energieplus-lesite.be

Berekening van de U-waarden

Allerhande informatie over de verwarmingsinstallaties

- www.wtcb.be

Abonnement tegen betaling of gratis toegang tot de normen voor ondernemers

Praktische gids voor berekening van warmteverliezen

Excel-blad voor berekening van warmteverliezen (gratis):

https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=tools&sub=calculator&pag=heat_load



Julie RENAUX

Projectingenieur

écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT



$$\Phi_{T,i} = (\mathbf{H}_{T,ie} + \mathbf{H}_{T,ia} + \mathbf{H}_{T,iaBE} + \mathbf{H}_{T,iae} + \mathbf{H}_{T,ig})(\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$\mathbf{H}_{T,ie} = \sum_k A_k (U_k + \Delta U_{TB}) \frac{(\theta_{int,k}^* - \theta_e)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)}$$

Tabel 2 – indexen

a : lucht	h : hoogte	o : operatieve
A : gebouw(deel)	inf : infiltratie	r : straling
bdg,B : gebouw	int : binnen	RH : opwarming
bf : vloer	i, j : verwarmde ruimte	su : toevoer
bw : kelderwand	k : gebouwelement	T : transmissie
e : buiten(omgeving)	l : koudebrug	tb : type van gebouw
env : gebouwschil	m : jaargemiddeld	u : onverwarmde ruimte
equiv : equivalent	mech : mechanisch	V : ventilatie
ex : afvoer	min : minimum	$\Delta\theta$: temperatuurverschil
g : grond	nat : natuurlijk	W : water, venster/wand



Tabel 1 – Symbolen en eenheden

Symbol	Benaming	Eenheid
a, b, c, f	diverse correctiefactoren	-
A	oppervlakte	m^2
B	karacteristieke parameter	m
c_p	specifieke warmtecapaciteit bij constante druk	$J/(kg \cdot K)$
d	dikte	m
e_i	beschuttingscoëfficiënt	-
e_k, e_l	correctiefactoren voor blootstelling	-
G_w	correctiefactor voor grondwater	-
h	oppervlaktecoëfficiënt voor warmteoverdracht	$W/(m^2 \cdot K)$
H	warmteoverdrachtscoëfficiënt	W/K
l	lengte	
n	ventilatievoud met buitenlucht	
n_{50}	ventilatievoud van een gebouw bij een drukverschil van 50 Pa binnen- en de buitenomgeving	
P	perimeter van een vloer	
Q	warmtehoeveelheid, energiehoeveelheid	
T	thermodynamische temperatuur	
U	warmtedoorgangscoefficiënt	$W/(m^2 \cdot K)$
v	windsnelheid	m/s
V	volume	m^3
$\dot{V}$	luchtdebiet	m^3/s
ε	correctiefactor voor hoogte	
Φ	warmteverlies	W
Φ_{HL}	warmtevermogen	W
η	rendement	
λ	warmtegeleidbaarheid	$W/(m \cdot K)$
θ	temperatuur	$^\circ C$
ρ	luchtdichtheid bij $\theta_{int,i}$	kg/m^3
Ψ	lineaire warmtedoorgangscoefficiënt	$W/(m \cdot K)$

