Koelen door middel van (nacht)ventilatie

Een rekentool voor de architect

P4 Peiling Paula van den Brom
1320025
12 december 2012

Begeleiders:
Wim van der Spoel
Peter van den Engel

Lab coordinator:
Regina Bokel

Inhoud

1. Aanleiding
2. Probleemstelling
3. Doelstelling
4. Methode
5. Theorie
6. Implementatie
7. Validatie/beperkingen
8. Resultaten
9. Conclusie

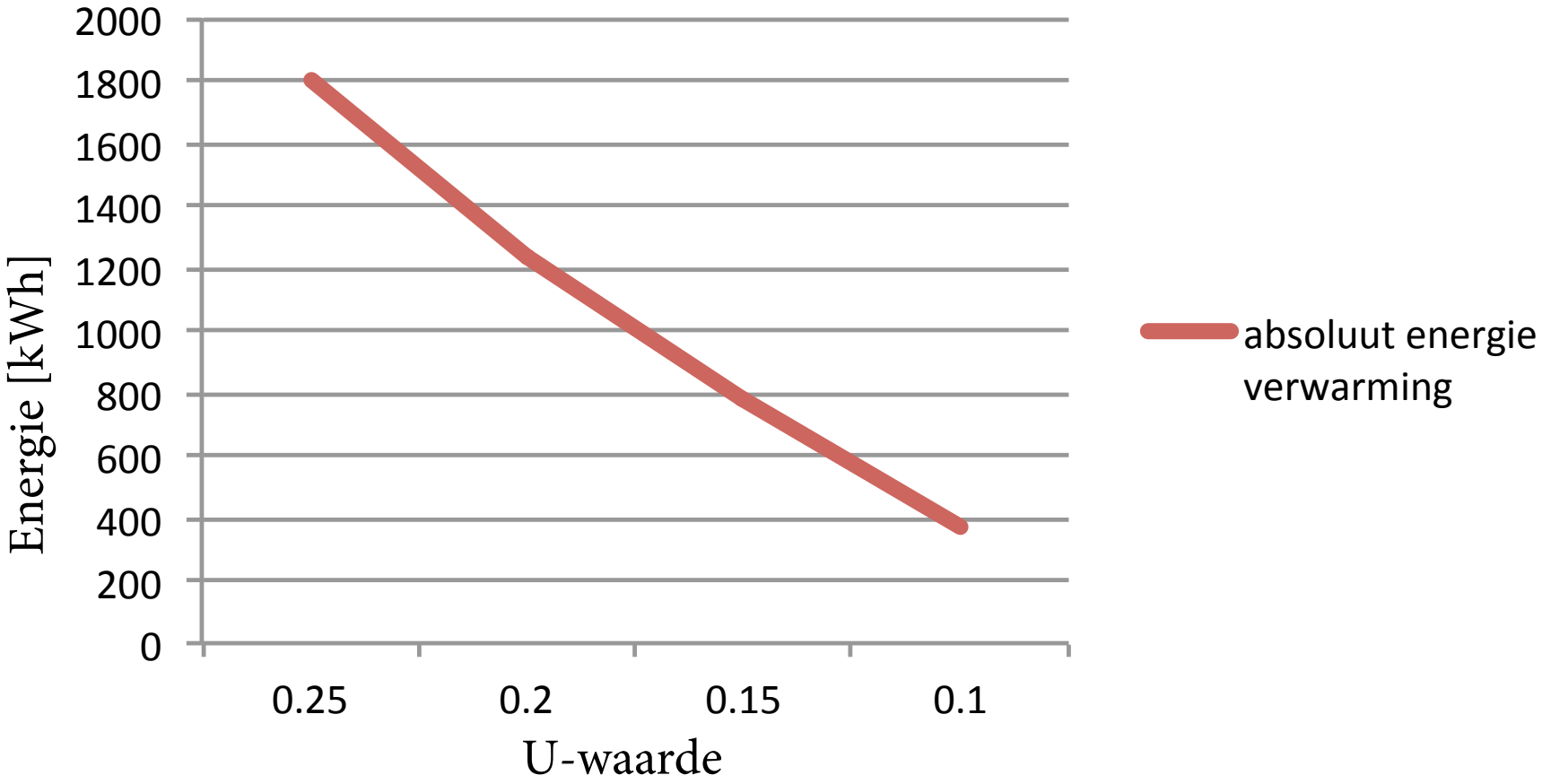
Aanleiding

Toename bouw energiezuinige woningen



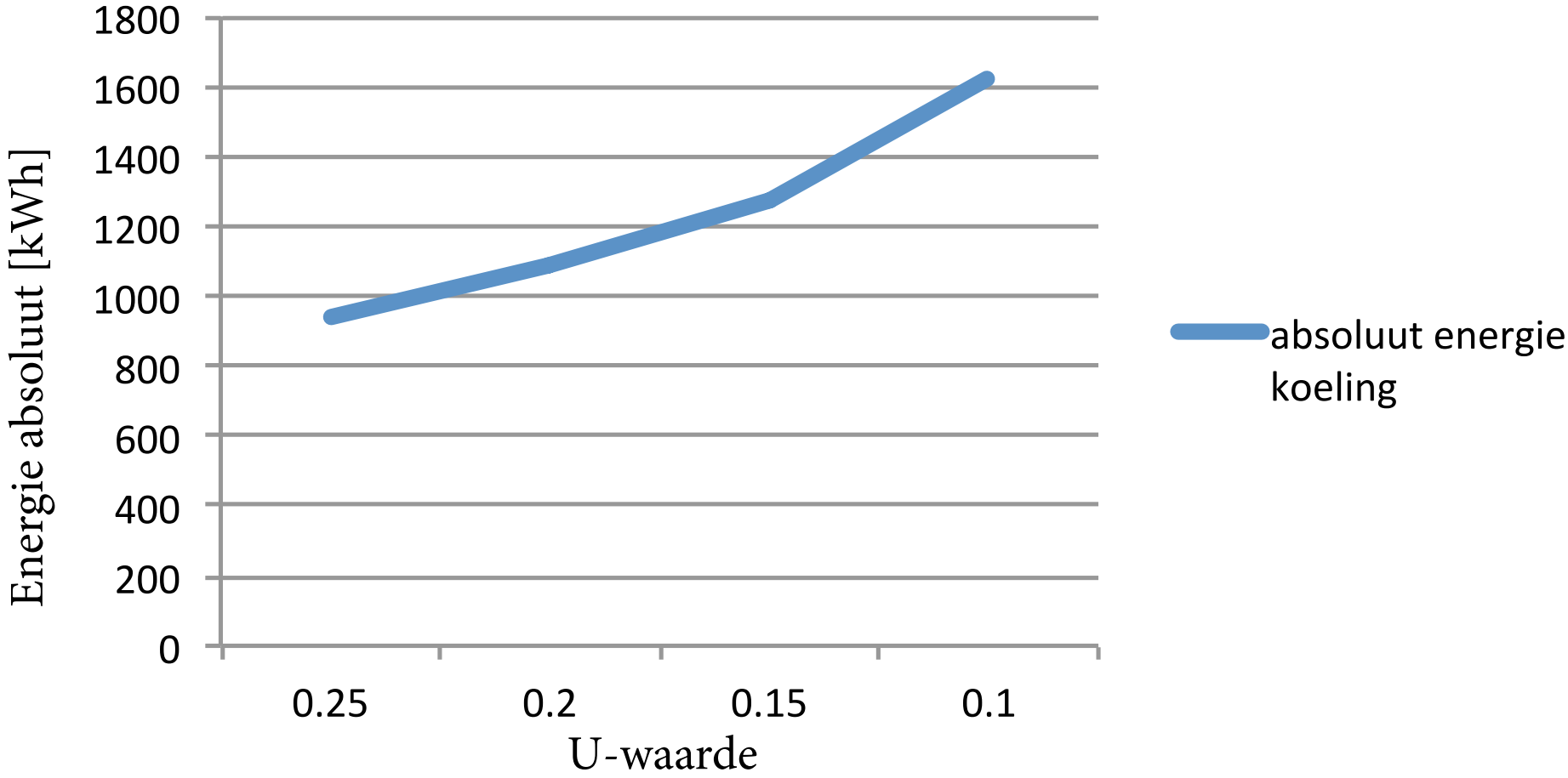
Aanleiding

Afname verwarmingsbehoefte



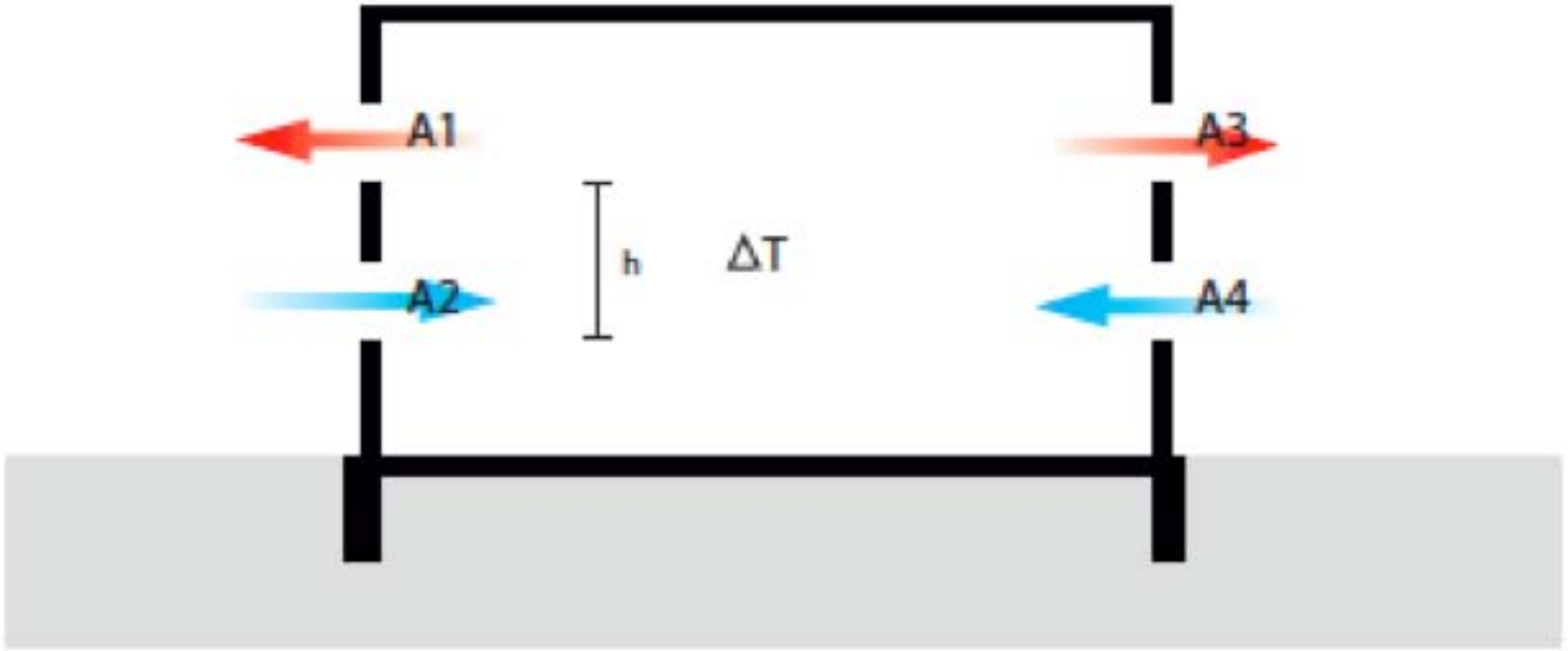
Aanleiding

Toename koelbehoefte



Aanleiding

Oplossing: (nacht)ventilatie



Aanleiding

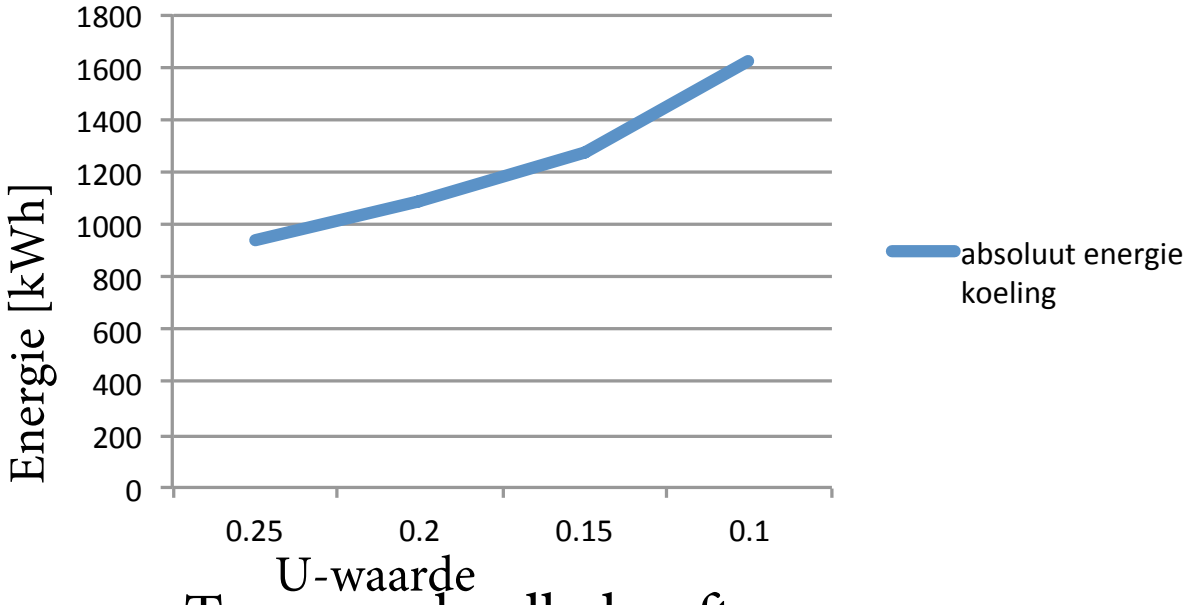
Probleem: kosten



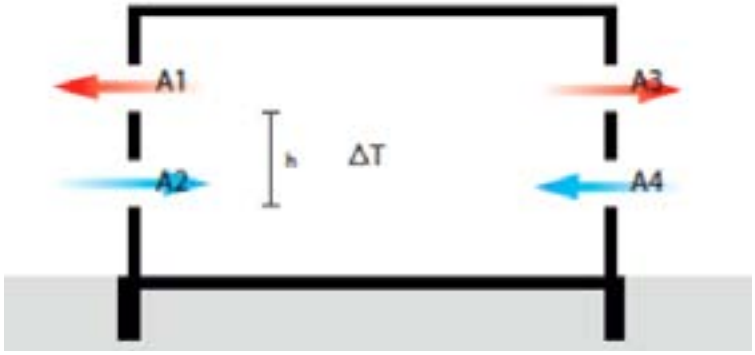
Aanleiding



Toename bouw energie-zuinige woningen



Toename koelbehoefte



Oplossing: (nacht)ventilatie



Probleem: kosten

Probleemstelling

Bestaande rekentools kunnen niet op eenvoudige wijze de architect inzicht geven in het effect van koeling door (nacht)ventilatie en de invloed van gerelateerde ontwerpbeslissingen op het energiegebruik van een woning.

Doelstelling

Door middel van een rekentool de architect inzicht geven in de invloed van ventilatieopeningen op (nacht)ventilatie, energieverbruik en thermisch comfort van een woning.
Ook moet bij gebruik van de rekentool duidelijk worden dat de ontwerpafwegingen invloed hebben op de efficiëntie van (nacht)ventilatie.

Methode

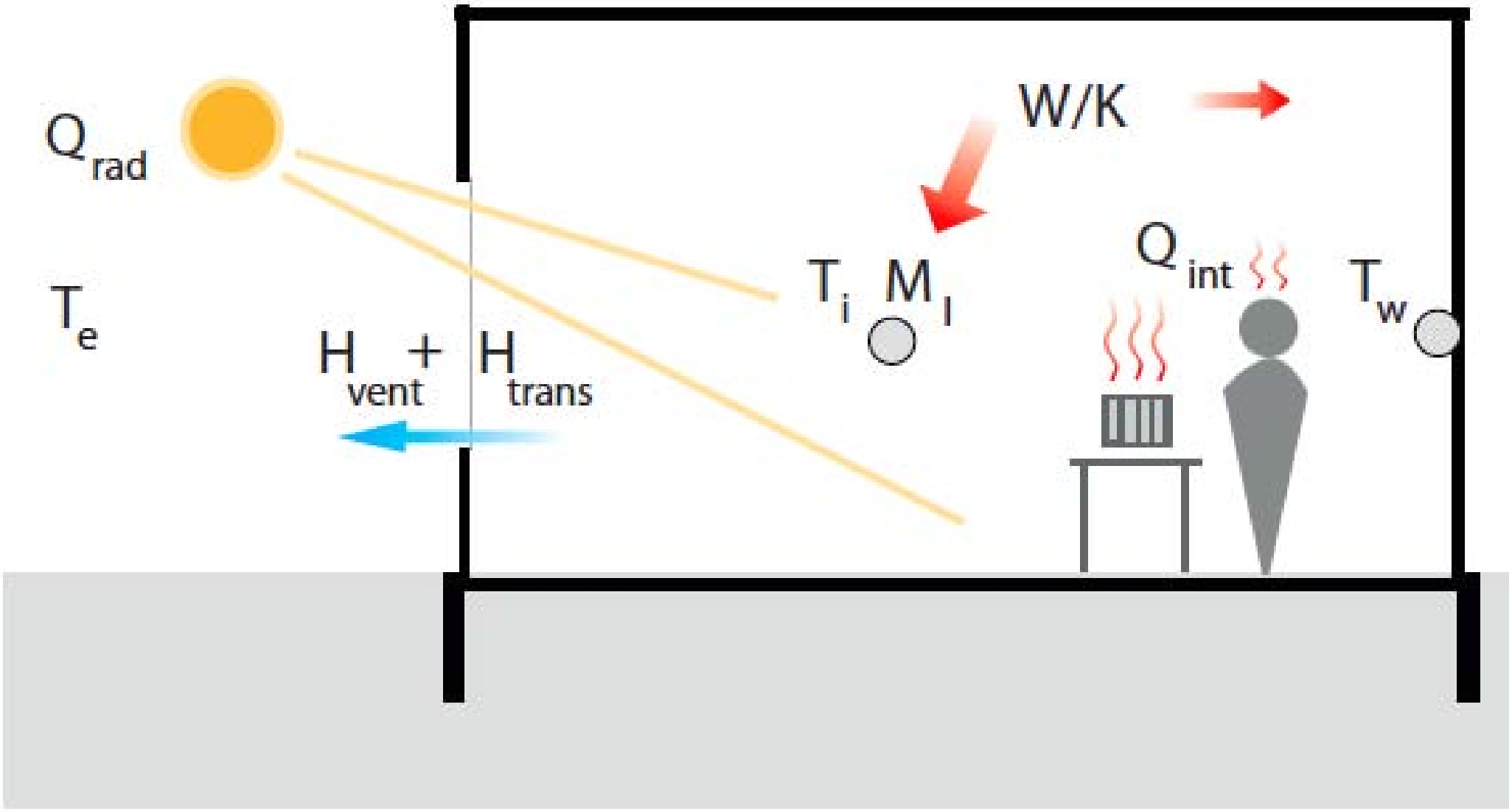
Theorie
Implementatie
Validatie

Student: Paula van den Brom, 1320025
Docent: Dr. Ir. W.H. van der Spoel & Dr. Ir. P.J.W. van den Engel

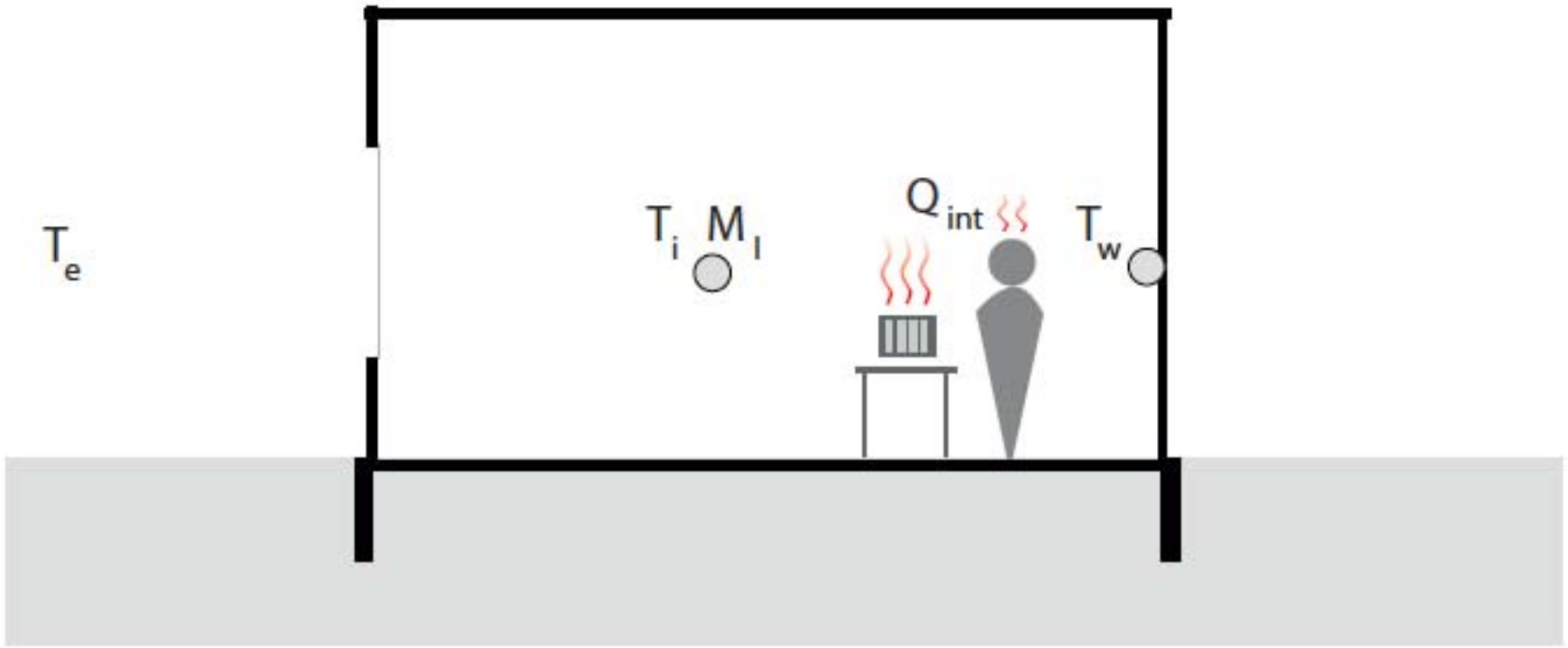
Theorie

- Warmtebalans
  - Interne warmtelast
  - Externe warmtelast
  - Warmteverlies door transmissie
  - Warmteverlies door ventilatie
  - Invloed thermische massa
  - Actieve verwarming/koeling
- Knopenmodel
- Discretisatie
- Natuurlijke ventilatie

Warmtebalans



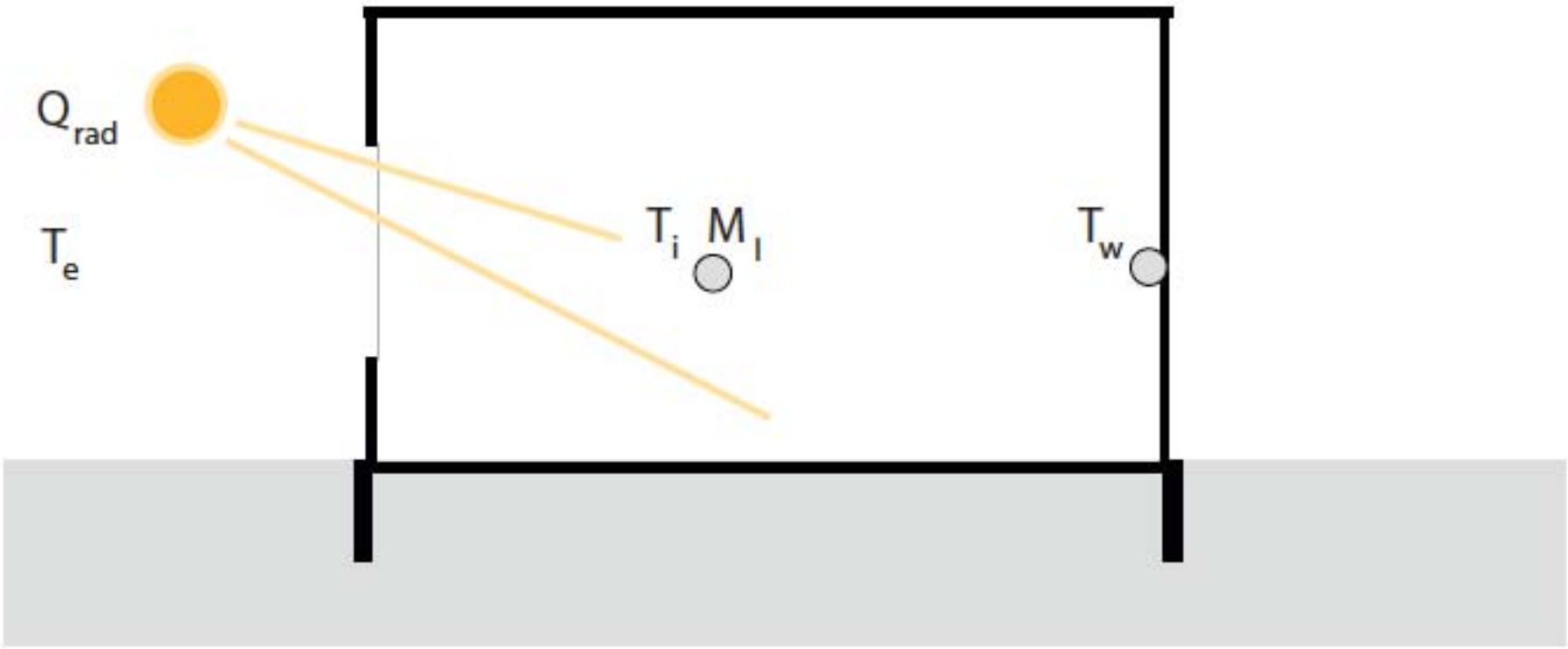
Warmtebalans - Interne warmtelast



$$Q_p = \left(85 + \left(20(l-1)\right)\right)n_p \qquad Q_{app} = \left(P_{app} + \left(p_{licht}A\right)\right)a$$

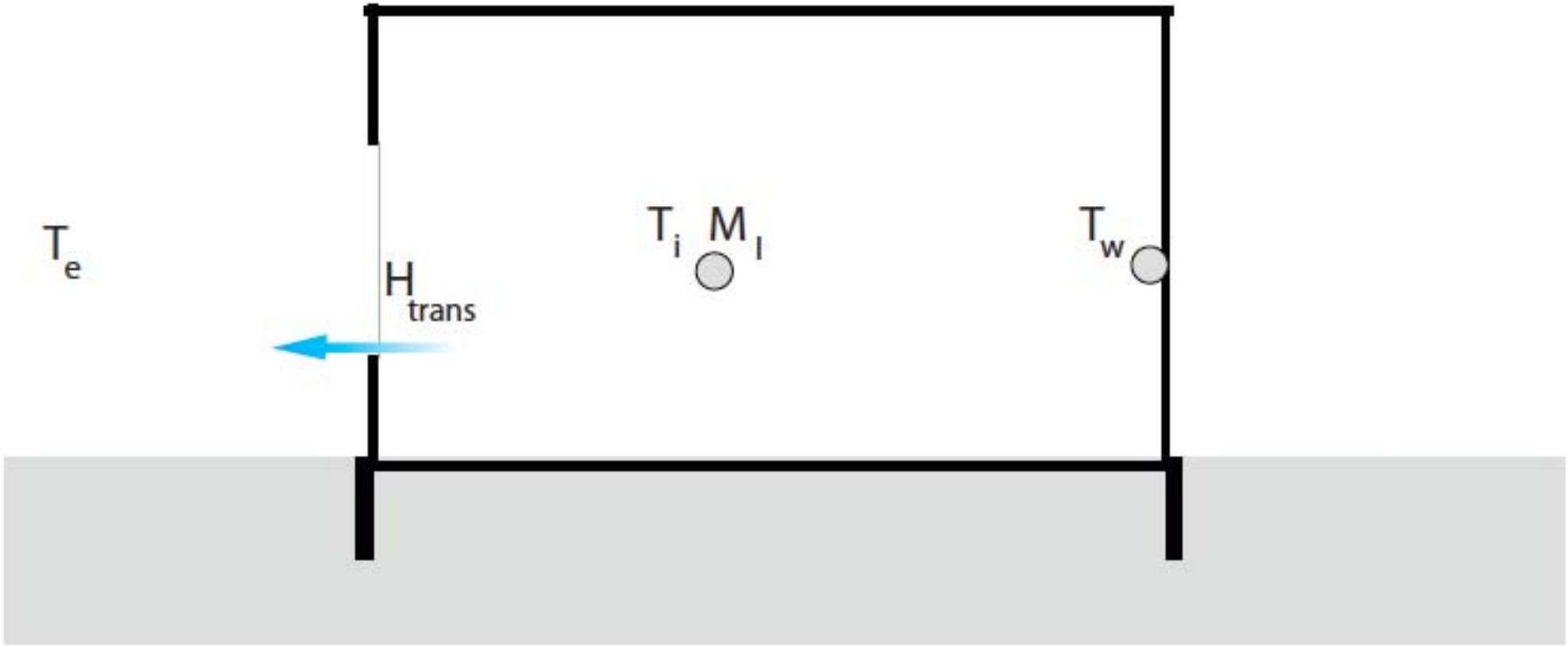
$$Q_i = Q_p + Q_{app}$$

Warmtebalans - Externe warmtelast



$$Q_{ex_or} = A_{win_or} Q_{rad_or} GSh$$

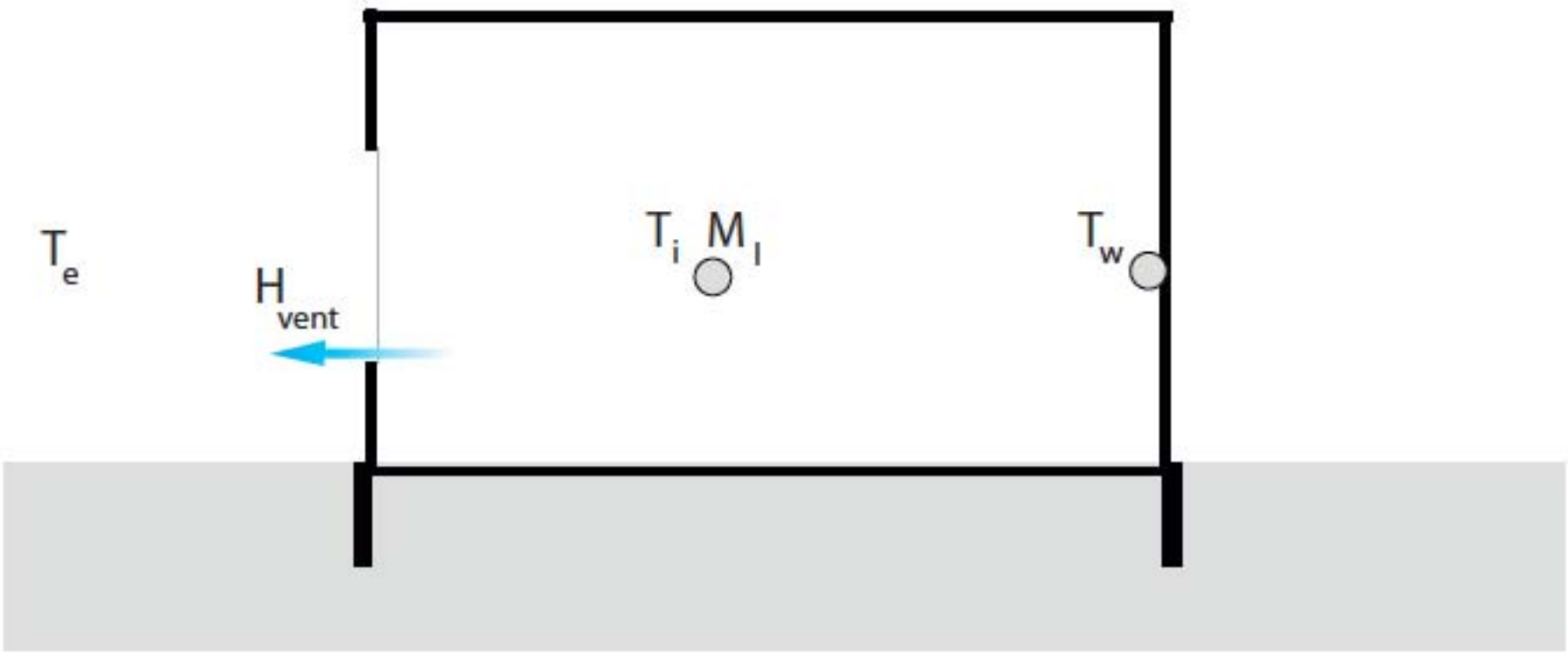
Warmtebalans - Warmteverlies transmissie



$$H_{trans} = AU$$

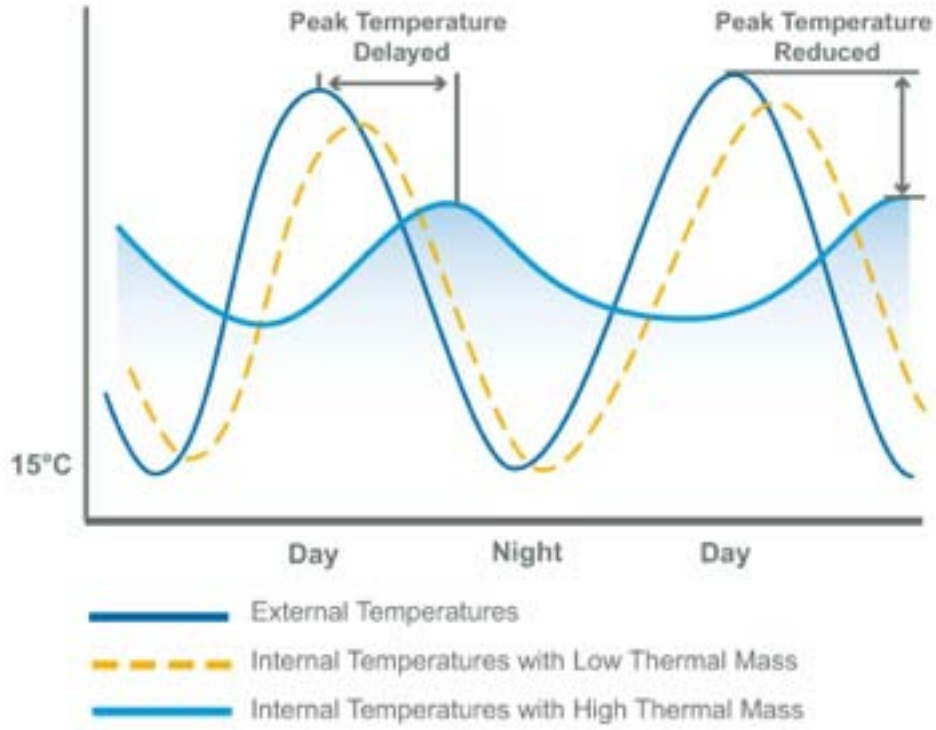
$$H_{trans_tot} = H_{tr_w} + H_{tr_gl} + H_{tr_dak} + H_{tr_gr}$$

Warmtebalans - Warmteverlies ventilatie



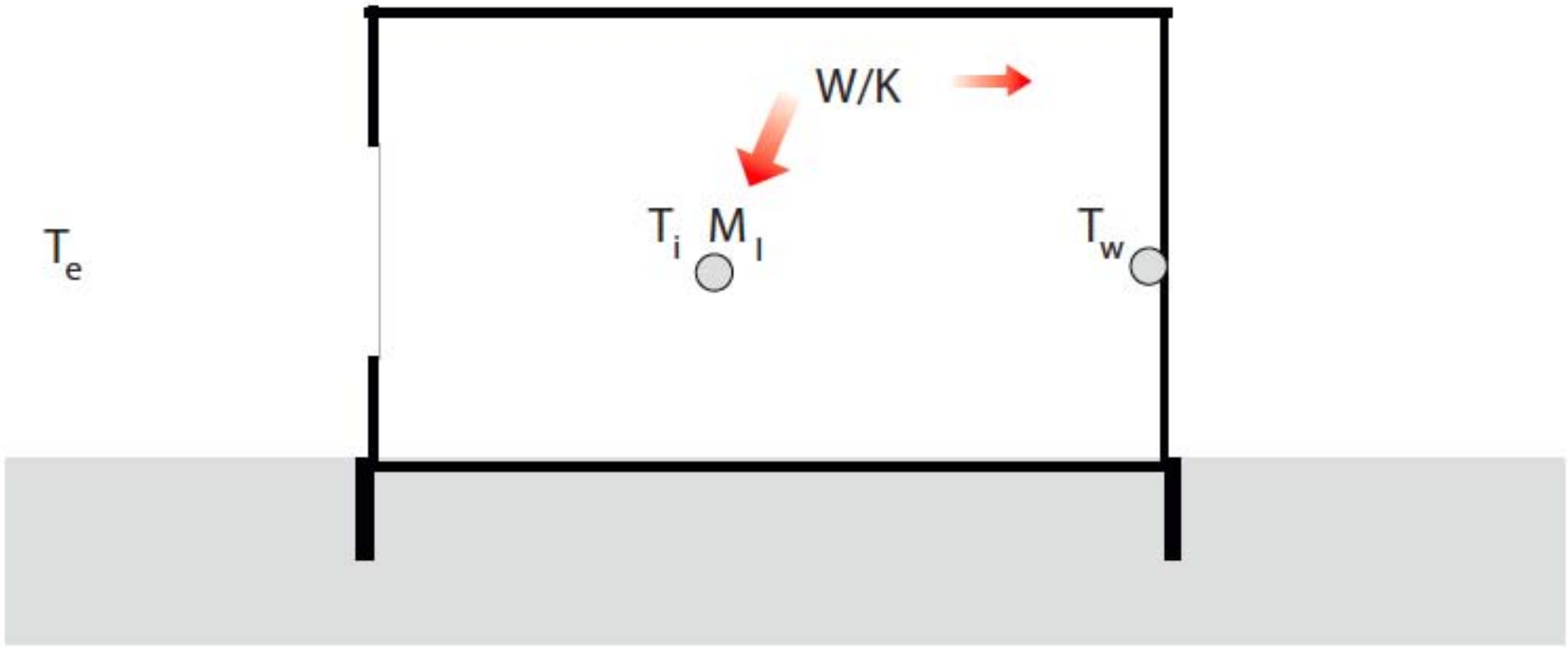
$$H_{vent} = \frac{\rho c n V}{3600}$$

Warmtebalans - Thermische massa



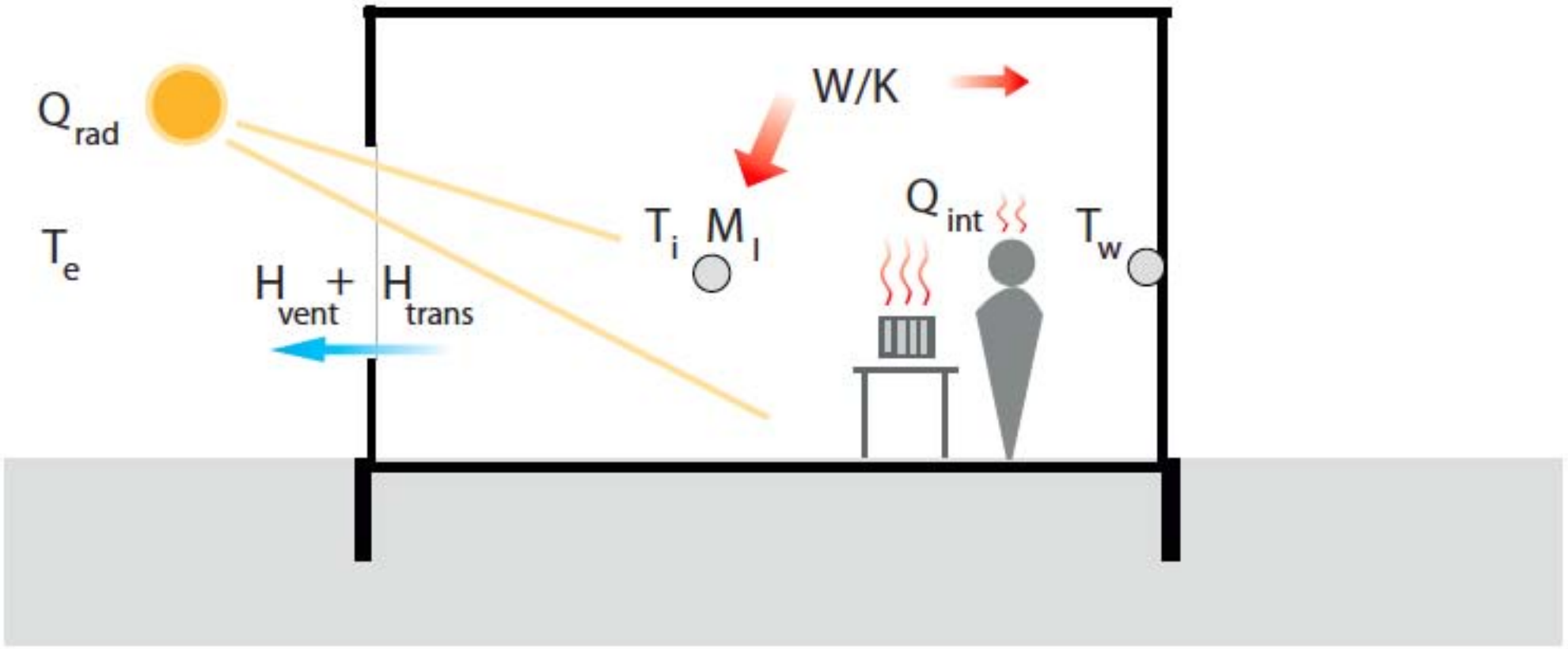
$$M = \rho c d A$$

Warmtebalans - Actieve verwarming/koeling

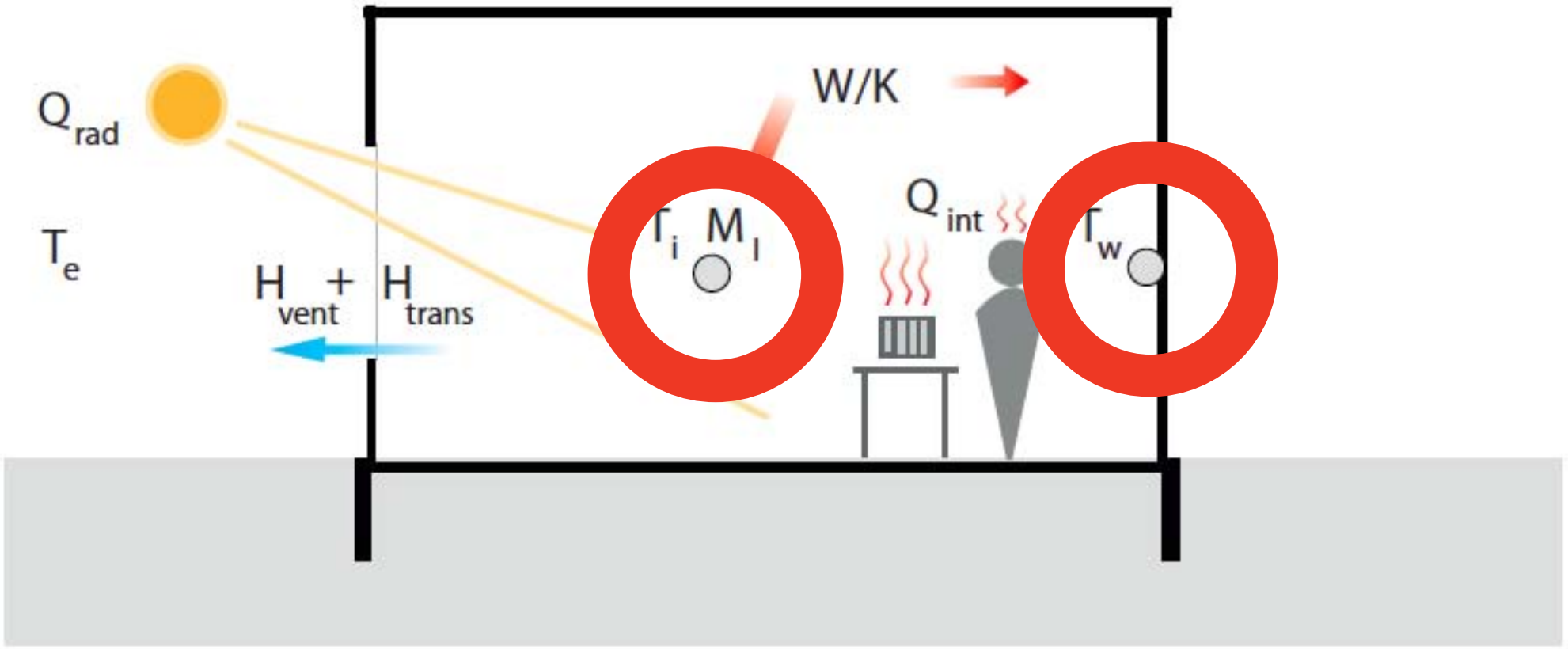


$$Q_{aPI} = P_{reg}\left(T_{setp} - T_{op-1}\right) + I_{reg}\int_{t'=t-3h}^{t'=t}\left(T_{setp} - T_{op-1}\right)dt'$$

Warmtebalans - Totaal



Twee knopen



Twee knopen

Luchttemperatuur:

$$M_{air}\frac{dT_{air}(t')}{dt'}=\left(W_{air}+\frac{1}{2}Q_{rad}+Q_i\right)+\left(H_{trans}+H_{vent}\right)\left(T_o(t')-T_i(t')\right)+\alpha_i A_{con}\left(T_i(t')-T_{con}(t')\right)$$

Constructietemperatuur:

$$M_{con}\frac{dT_{con}(t')}{dt'}=W_{con}+\frac{1}{2}Q_{rad}+\alpha_i A_{con}\left(T_i(t')-T_{con}(t')\right)$$

Discretisatie

Luchttemperatuur:

$$T_{air}(t+\Delta t) = T_{air}(t) + \left(\frac{W_{air} + \frac{1}{2}Q_{rad} + Q_{gain_tot} + (\alpha_i A_{con})(T_{con}(t) - T_{air}(t)) + H_{tot}(T_o(t) - T_{air}(t))}{\alpha_i A_{con}} \right) \left(1 - \exp\left(-\frac{\alpha_i A_{con} + H_{tot}}{M_{air}} \Delta t \right) \right)$$

Constructietemperatuur:

$$T_{con}(t+\Delta t) = T_{con}(t) + \frac{W_{con} + \frac{1}{2}Q_{rad_tot} + (\alpha_i A_{con})(T_{air}(t) - T_{con}(t))}{\alpha_i A_{con}} \left(1 - \exp\left(-\frac{\alpha_i A_{con}}{M_{con}} \Delta t \right) \right)$$

Ventilatie

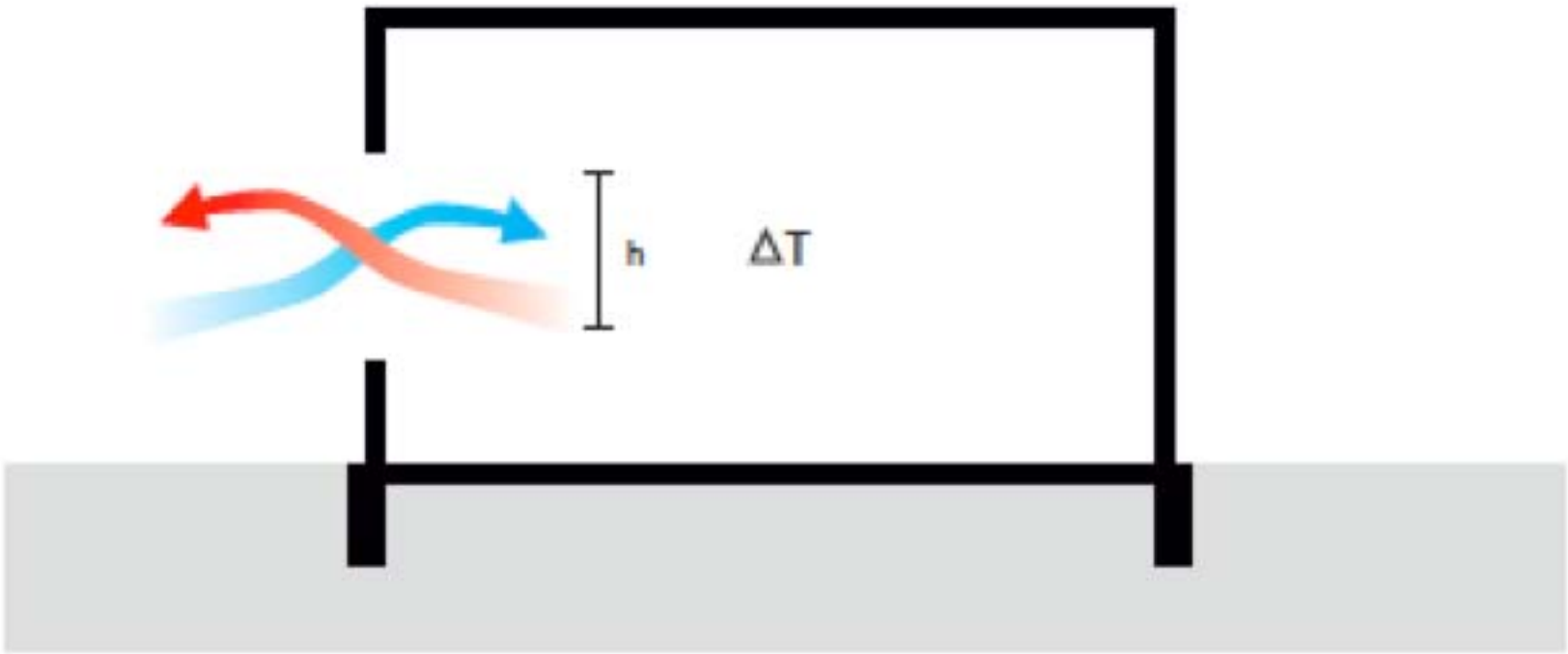
Mechanische

Natuurlijk
- Thermiek
- Wind

Hybride

Natuurlijke ventilatie

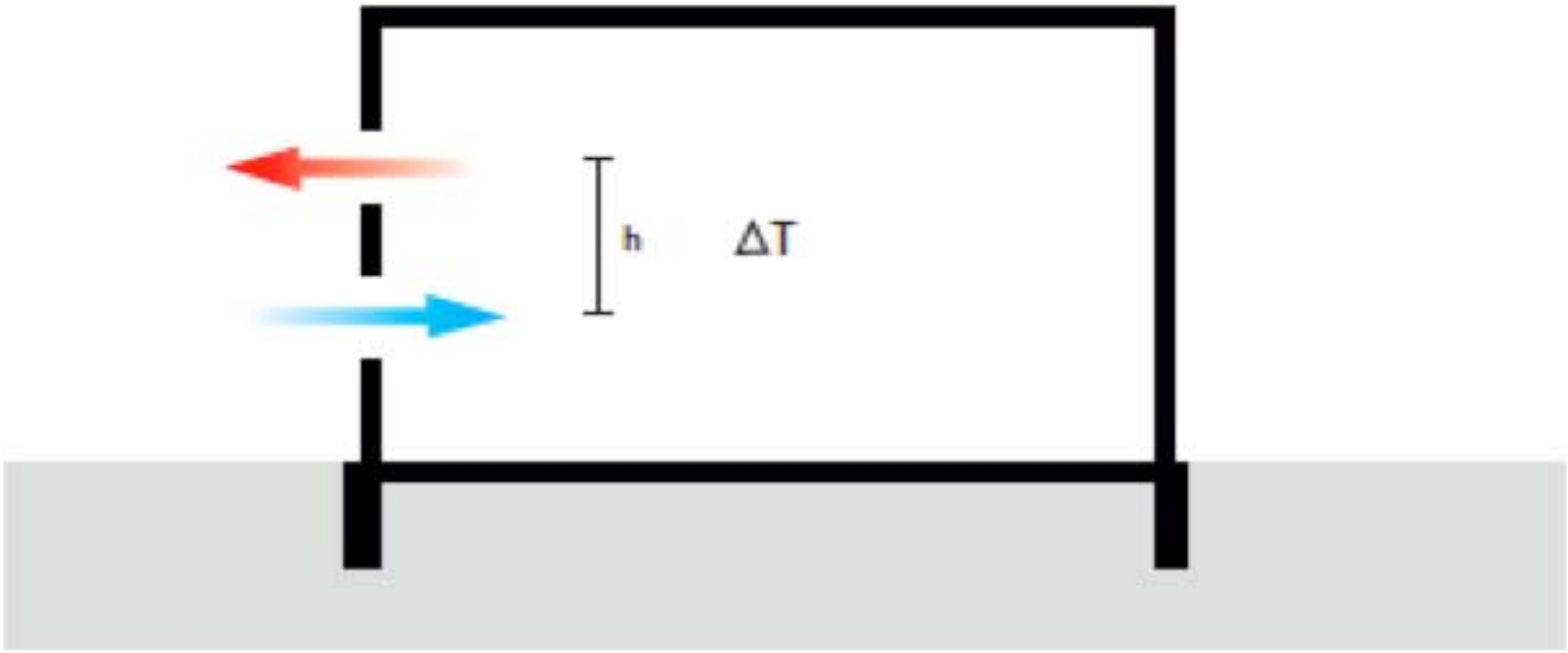
Eenzijdig enkele opening - Thermiek



$$Q_b = C_d(A/3)\left(\frac{\Delta T h g}{\overline{T}}\right)^{0.5}$$

Natuurlijke ventilatie

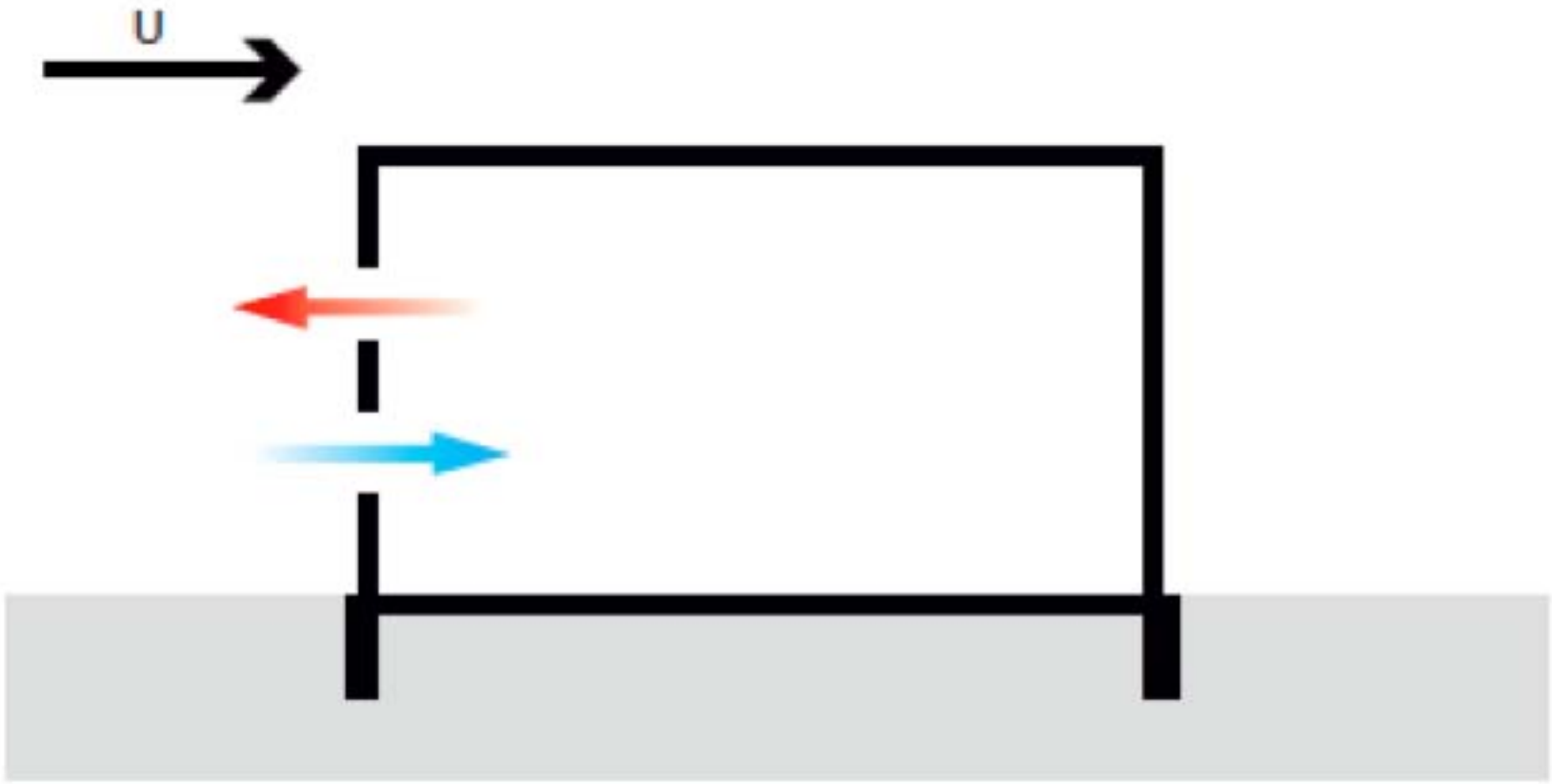
Eenzijdig meerdere openingen - Thermiek



$$Q_b = C_d\left(A_1 + A_2\right)\left(\frac{\varepsilon\sqrt{2}}{\left(1+\varepsilon\right)\left(1+\varepsilon^2\right)^{0.5}}\right)\left(\frac{\Delta T h_a g}{\overline{T}}\right)^{0.5}$$

Natuurlijke ventilatie

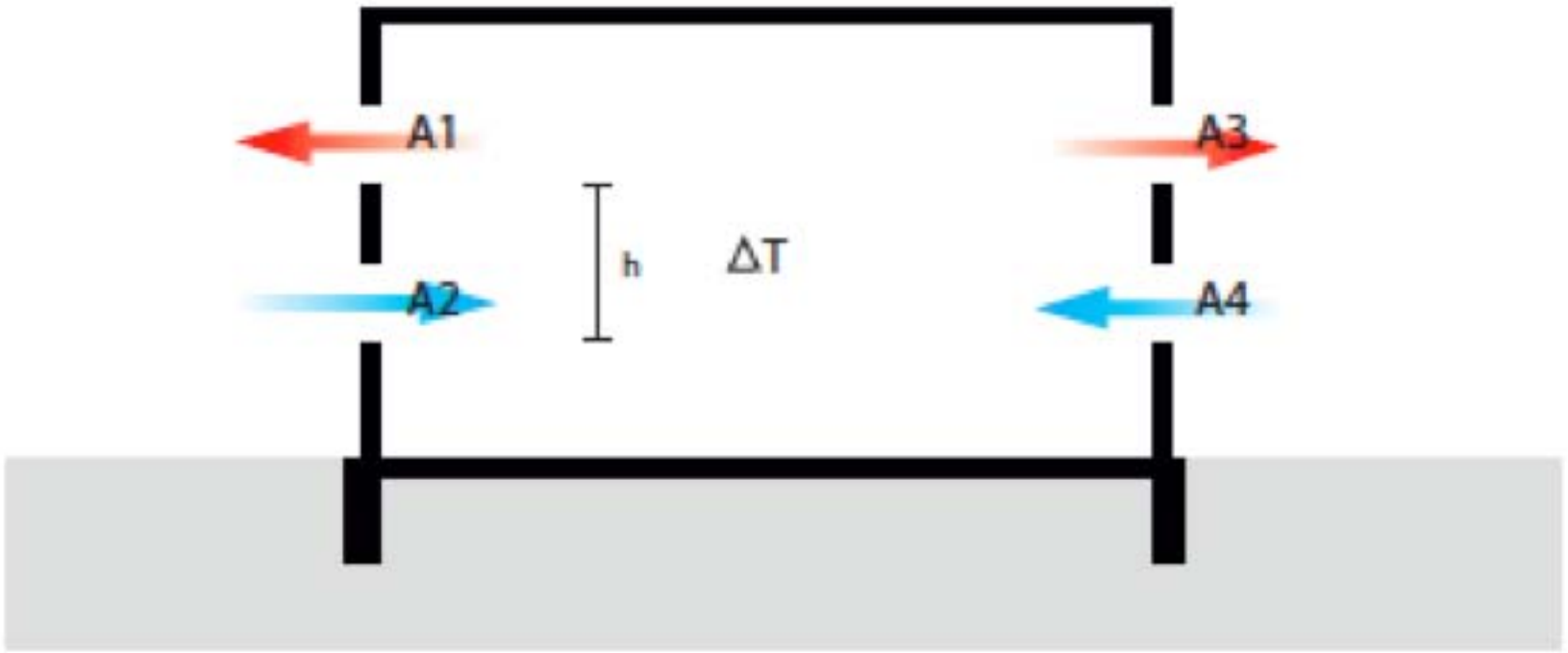
Eenzijdig - Wind



$$Q = 0.025AU$$

Natuurlijke ventilatie

Dwars meerdere openingen - Thermiek

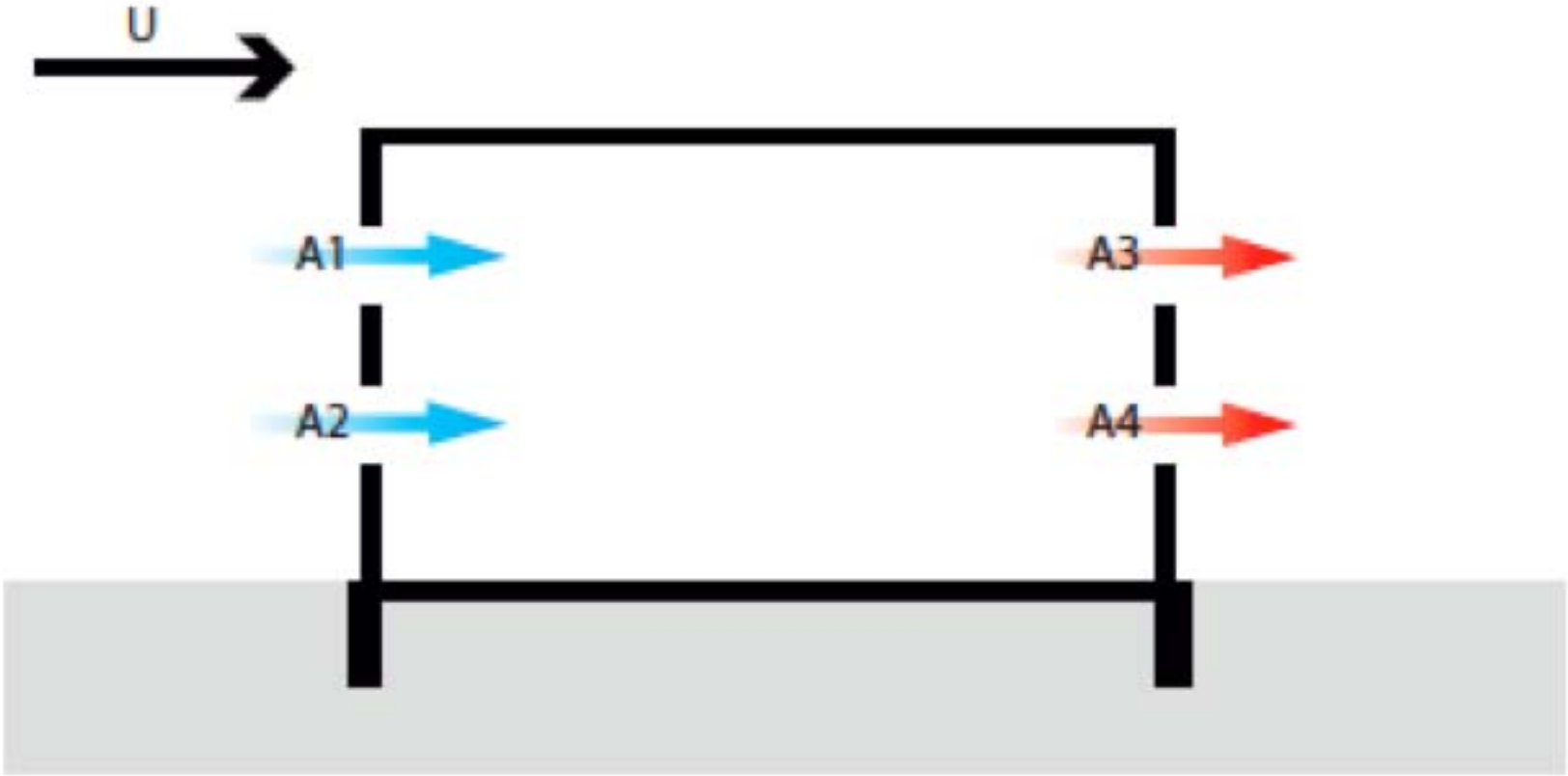


$$\frac{1}{A_b^2} = \frac{1}{(A_1 + A_3)^2} + \frac{1}{(A_2 + A_4)^2}$$

$$Q_b = C_d A_b \left(\frac{2\Delta T h g}{\overline{T}} \right)^{0.5}$$

Natuurlijke ventilatie

Dwars meerdere openingen - Wind

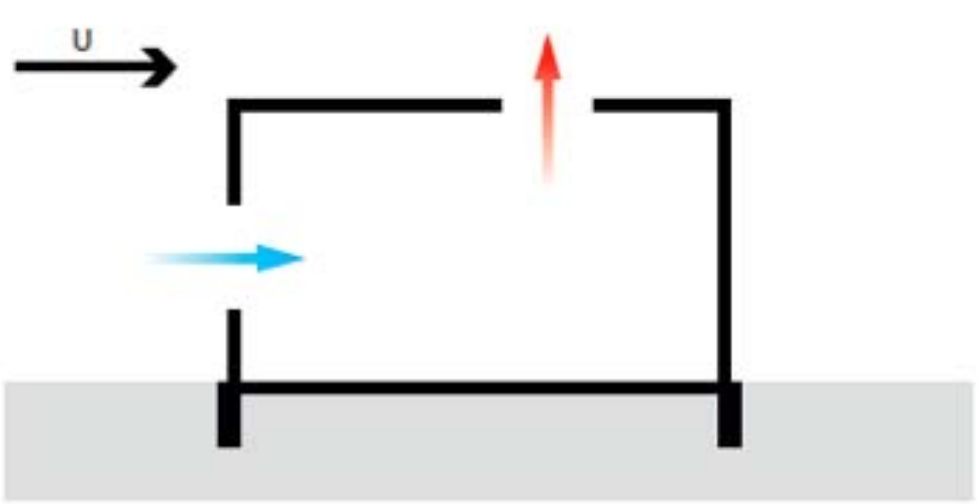


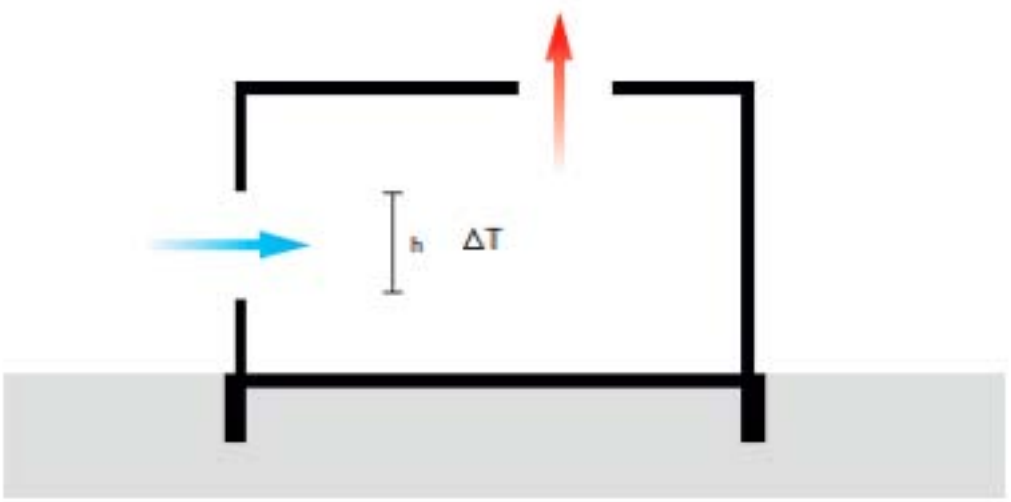
$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{1}{(A_3 + A_4)^2}$$

$$Q_w = C_d A_w U \left(\Delta C_p\right)^{0.5}$$

Natuurlijke ventilatie

Via gevel en dak meerdere openingen - Wind en thermiek



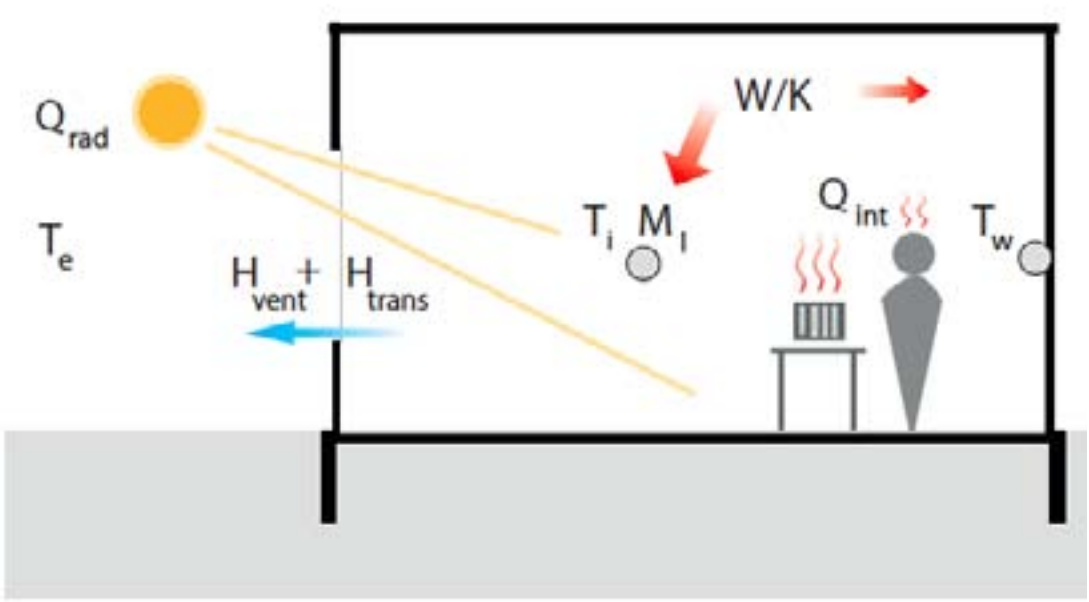


$$\Delta p_i = \Delta p_0 - \Delta \rho_0 g h_i + 0.5 \rho_0 U^2 C_{pi}$$

$$Q_{ib+w} = C_{di} A_i S_i \left(\sqrt{\frac{2|\Delta p_i|}{\rho_0}} \right)$$

Student: Paula van den Brom, 1320025
Docent: Dr. Ir. W.H. van der Spoel & Dr. Ir. P.J.W. van den Engel

Implementatie Excel





Uurmodel

$$\triangle t = 3600 \text{ seconde}$$

Implementatie Excel

Invoer gegevens

Variabelen waar architect invloed op heeft

Bijbehorende regelsystemen

Student: Paula van den Brom, 1320025
Docent: Dr. Ir. W.H. van der Spoel & Dr. Ir. P.J.W. van den Engel

Invoer gegevens

- Buitentemperatuur (NEN)
- Windsnelheid (NEN)
- Windrichting (NEN)
- Setpointtemperaturen (NEN)
- Gebruikers profiel (SCPB)

Variabelen

-Afmetingen ruimte/openingen
-U-waarden
-Thermische massa
-Soort ventilatie
-Plaatsing ventilatie openingen
-Ventilatietijd
-Omgeving
-Materialisatie

Regelsystemen

-Zonwering
-Ventilatie
-Verwarming/koeling

Regelsystemen

Zonwering

Zonwering naar beneden wanneer:

binnentemperatuur >= setpointtemperatuur koeling –2°C

Regelsystemen

Koelen door middel van Ventilatie

Buitentemperatuur < Binnentemperatuur

- Mechanische ventilatie
- Natuurlijke ventilatie automatische bediening
- Natuurlijke ventilatie handmatige bediening

Regelsystemen

Koelen door middel van mechanische ventilatie

Mechanisch ventileren via bypass wanneer:

Overdag ventileren

- binnentemperatuur >=setpointtemperatuur koeling -2 °C.
- buitentemperatuur >= 10°C
- temperatuur verschil tussen binnen en buiten <= 10°C

ventileren tijdens de nacht

- binnentemperatuur > =setpointtemperatuur koeling -2°C
- buitentemperatuur > =0°C
- temperatuur verschil tussen binnen en buiten <= 25°C

Regelsystemen

Koelen door middel van natuurlijke ventilatie (automatisch)

Overdag ventileren:

- binnentemperatuur >= setpointtemperatuur koeling -2°C
- buitentemperatuur >= 10°C
- temperatuur verschil tussen binnen en buiten <= 10°C

ventileren tijdens de nacht

- binnentemperatuur > =setpointtemperatuur koeling -2°C
- buitentemperatuur > =0°C
- temperatuur verschil tussen binnen en buiten <= 25°C

Regelsystemen

Koelen door middel van natuurlijke ventilatie (handmatig)

Overdag ventileren:

- binnen temperatuur >= setpointtemperatuur koeling -1°C
- buiten temperatuur <= 10°C
- temperatuur verschil tussen binnen en buiten <= 10°C

ventileren tijdens de nacht (hele nacht open/hele nacht dicht):

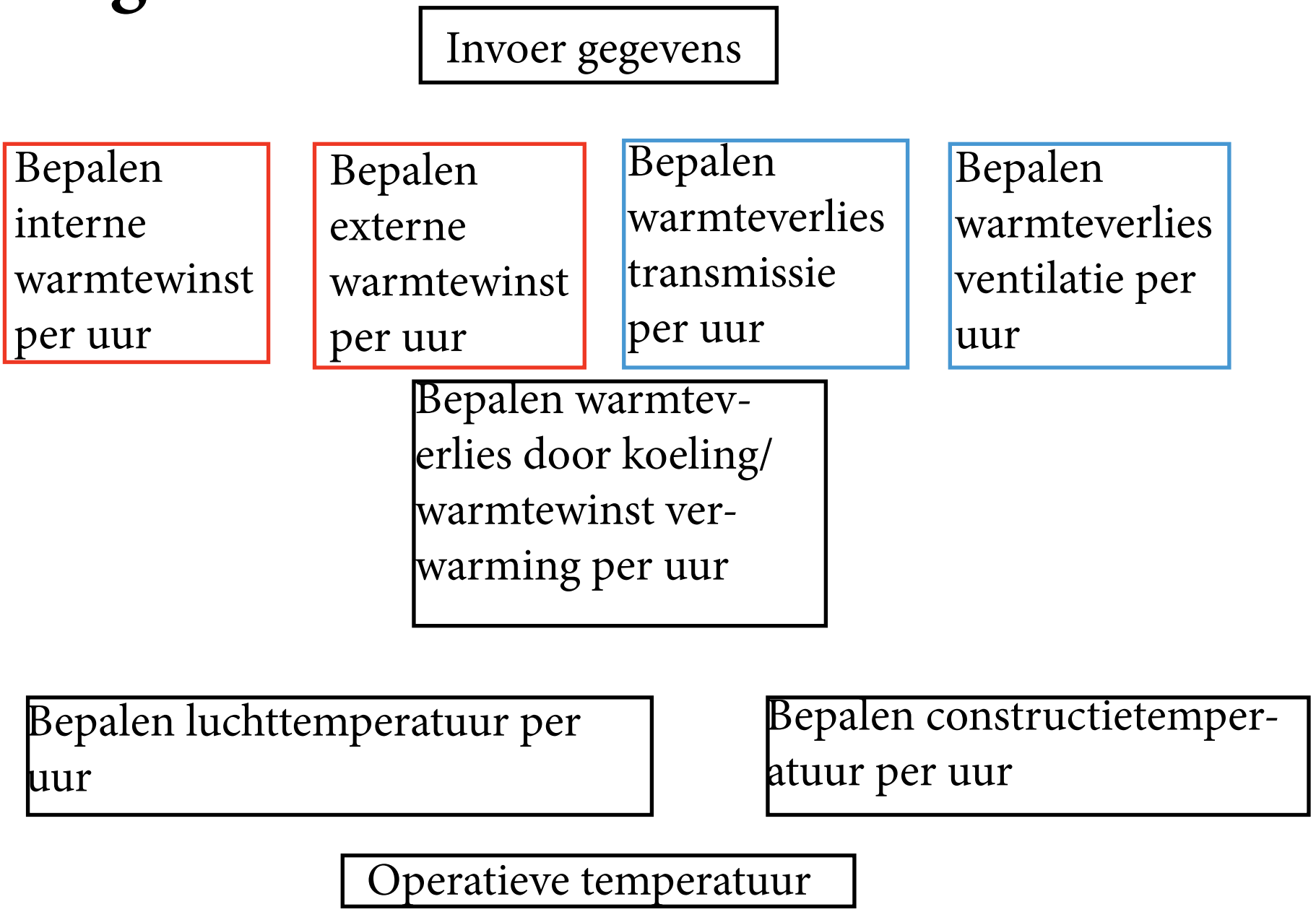
- binnentemperatuur > =setpointtemperatuur koeling -1°C
- buitentemperatuur > =0°C
- temperatuur verschil tussen binnen en buiten <= 25°C

Regelsystemen

Verwarming/koeling gaat aan wanneer:

Binnentemperatuur > Setpointtemperatuur koeling
Binnentemperatuur < Setpointtemperatuur verwarming

Werking model



Samenvatting **Implementatie Excel**

Invoer gegevens

Variabelen waar architect invloed op heeft

Bijbehorende regelsystemen

Student: Paula van den Brom, 1320025
Docent: Dr. Ir. W.H. van der Spoel & Dr. Ir. P.J.W. van den Engel

Validatie/beperkingen

Samenvatting validatie

Beperkingen

Student: Paula van den Brom, 1320025
Docent: Dr. Ir. W.H. van der Spoel & Dr. Ir. P.J.W. van den Engel

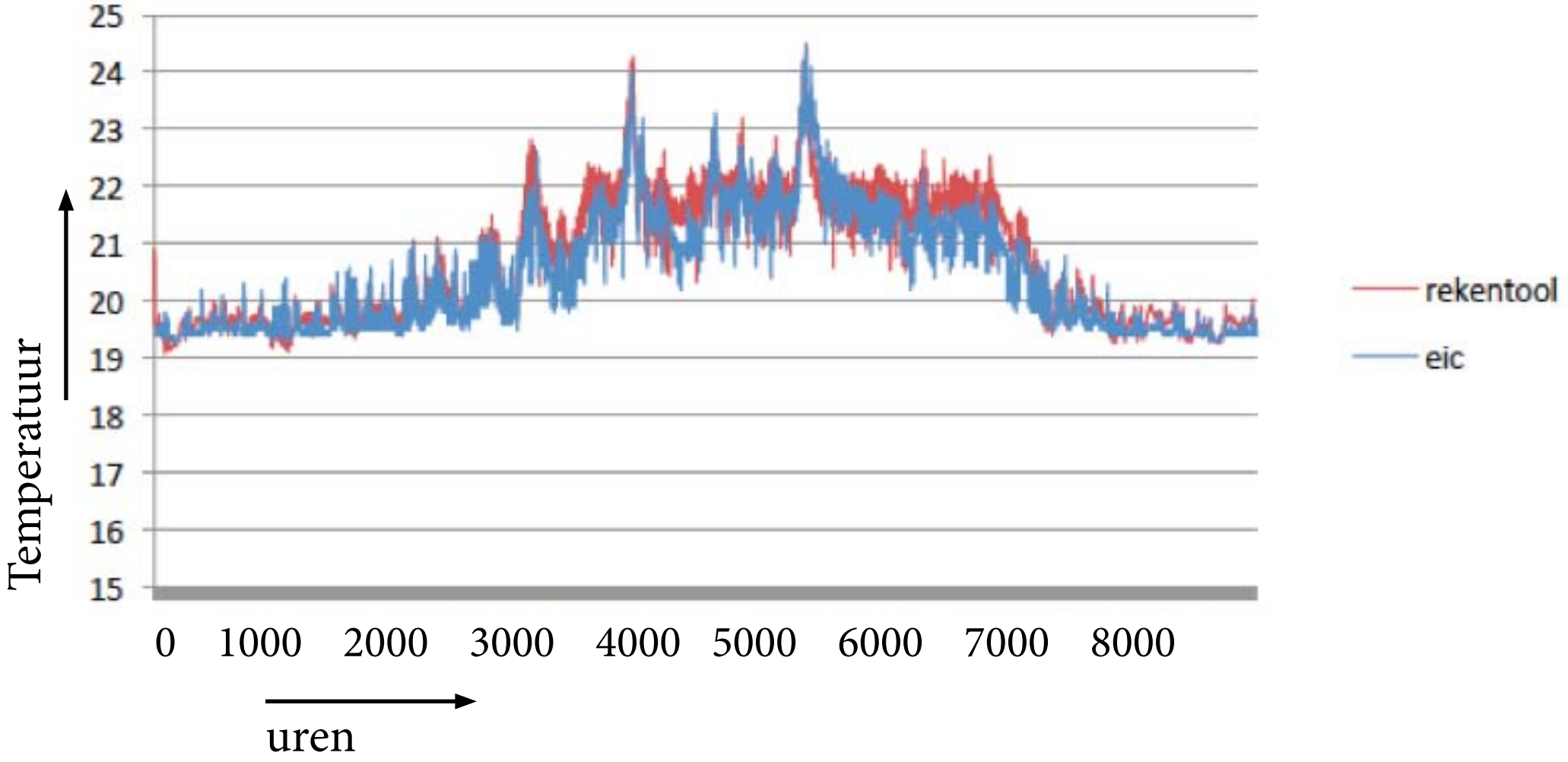
Validatie ventilatie PHPAIDA

	PHPAIDA.veetech, ventilatievoud	Rekentool, ventilatie debiet	Verschil
Situatie 1, enkel twee opening	4.53	4.56	0.13
Situatie 2, dwars vier opening	10.91	10.16	0.75
Situatie 3, een opening gevel, een opening dak	12.27	12.31	0.4

Validatie EIC Vizualiser

Vergelijking	EIC vizualiser	Rekentool	verschil
percentage overschrijding uren per jaar	0	0.55	0.55
Aantal onderschrijding uren	0	0	0
Gemiddelde temperatuur	20.67 °C	20.51 °C	0.16 °C
Aantal uren ventilatie voor koeling	1061 h	971 h	90 h
Maximale temperatuur	24.5 °C	26.71 °C	2.21 °C
Minimale temperatuur	19.3 °C	19.02 °C	0.88 °C
Energie verbruik verwarming	2140 kWh	2400 kWh	360 kWh

Validatie EIC Vizualiser



Beperkingen

- Winddrukcoefficient (Cp) verhouding gebouw;
- Handmatige bediening, invloed mensen niet te voorspellen;
- Alle ventilatie openingen open of dicht, geen tussenfase;
- Er wordt geen rekening gehouden met obstakels in een ruimte;
- De berekeningen zijn per uur;
- Er kan enkel een ruimte berekend worden;
- Urban Heat island effect is niet meegenomen in de berekeningen.

Resultaten

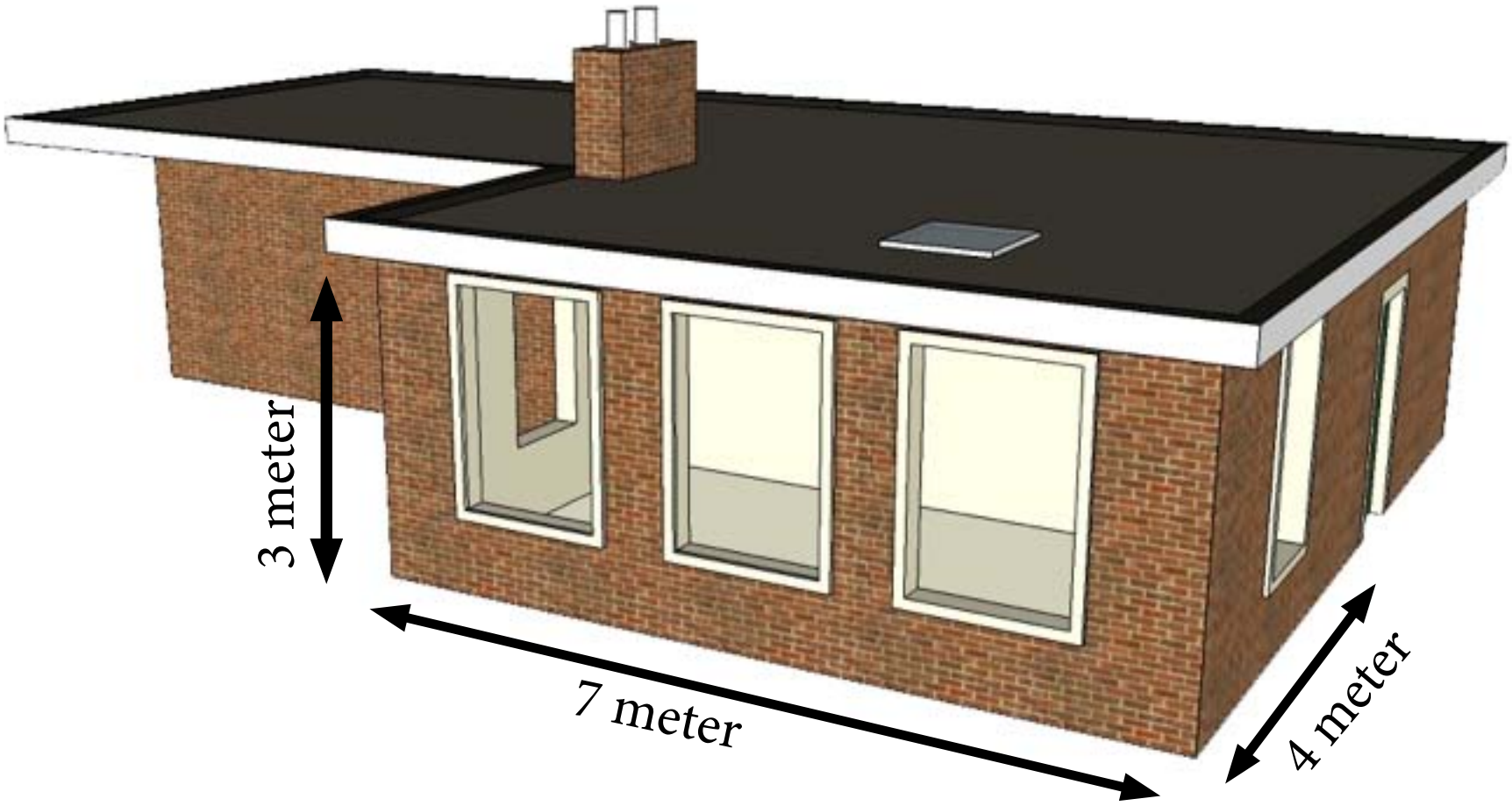
Hoe is het model te gebruiken

Optimalisatie

Probleem oplossen

Architectonische keuzes

Voorbeeld ruimte



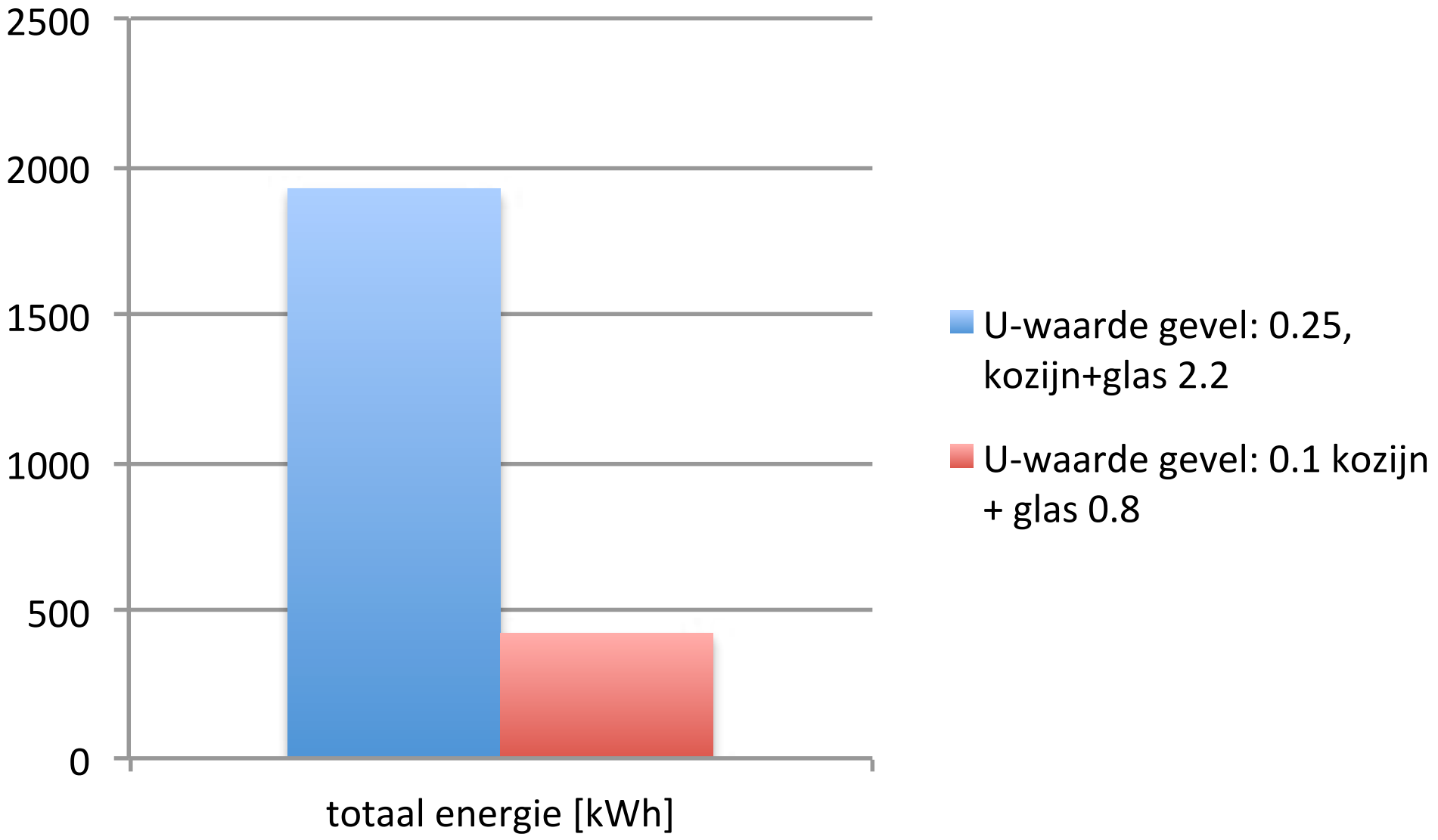
Voorbeeld ruimte

Optimaliseren energieverbruik

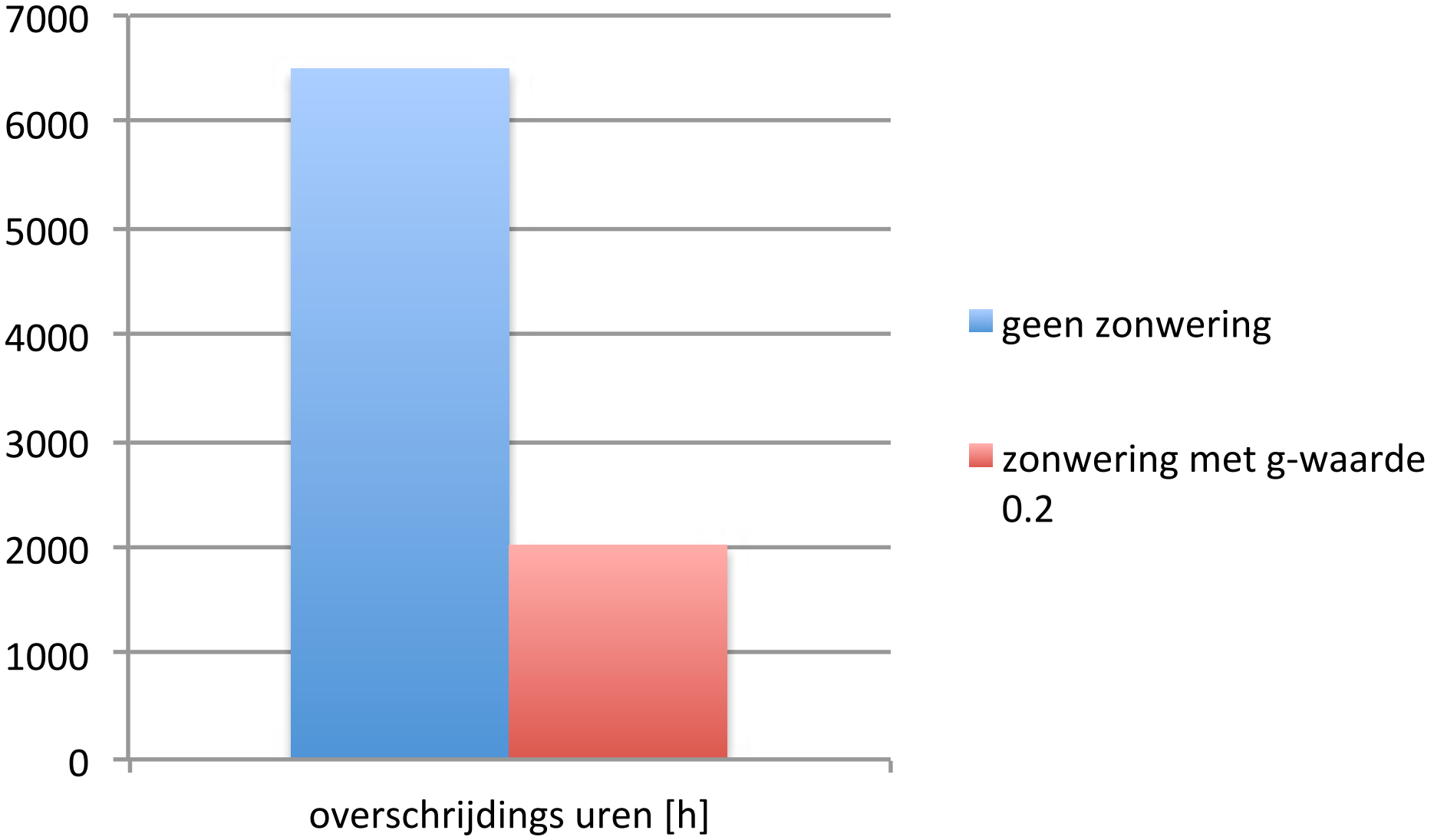


U-waarde
Zonwering
Thermische massa
Soort ventilatie
Plaatsing ventilatieopeningen
Dag/nacht

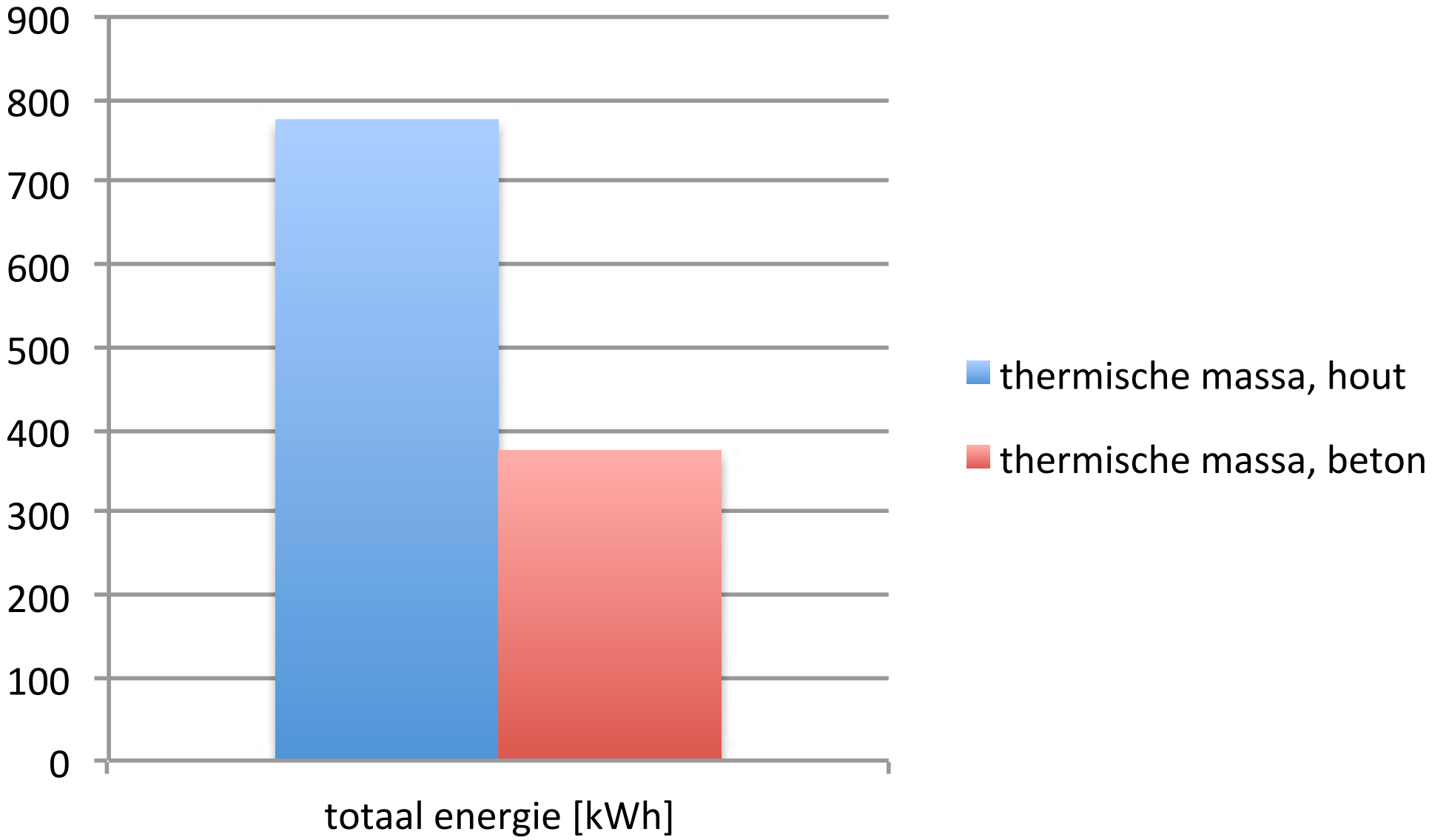
U-waarde


2500
2000
1500
1000
500
0
totaal energie [kWh]
U-waarde gevel: 0.25, kozijn+glas 2.2
U-waarde gevel: 0.1 kozijn + glas 0.8

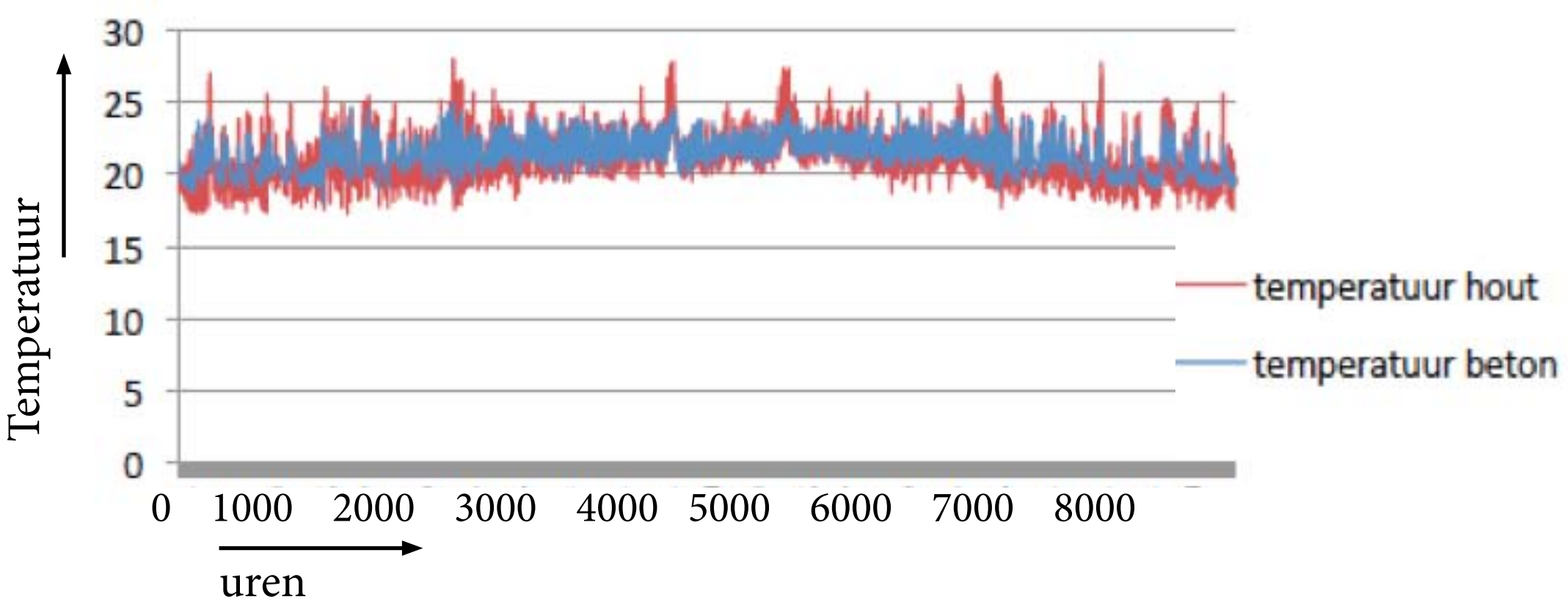
Zonwering


7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
overschrijdings uren [h]
geen zonwering
zonwering met g-waarde 0.2

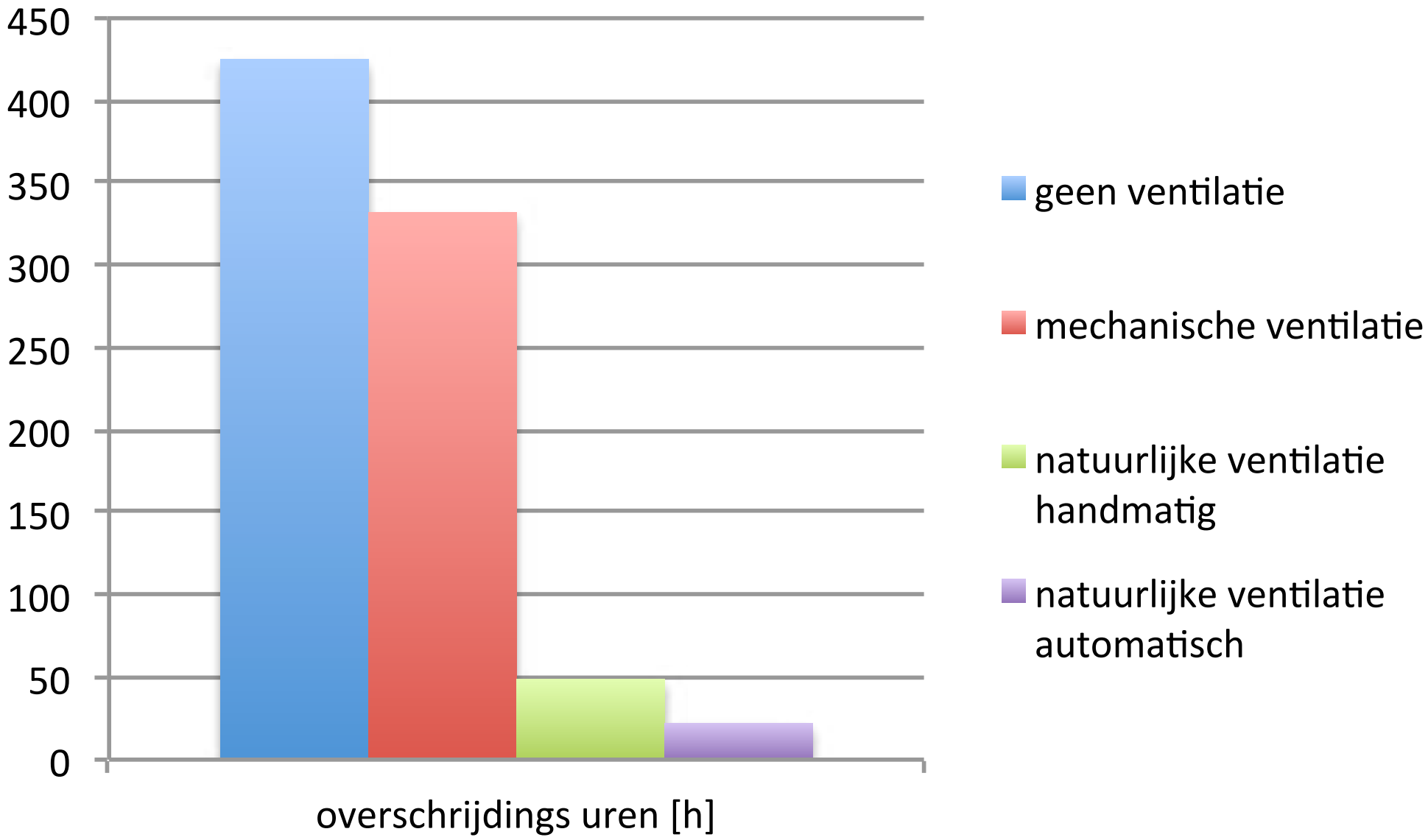
Thermische massa



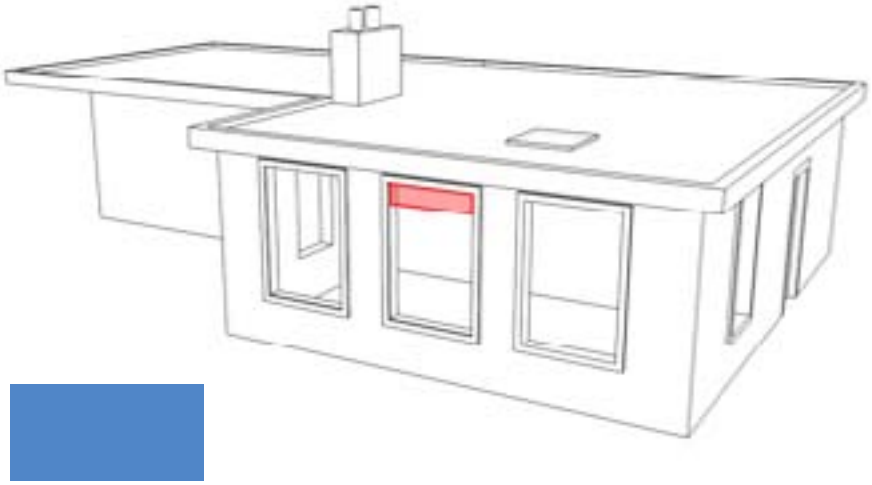
Thermische massa - Temperatuur fluctuaties

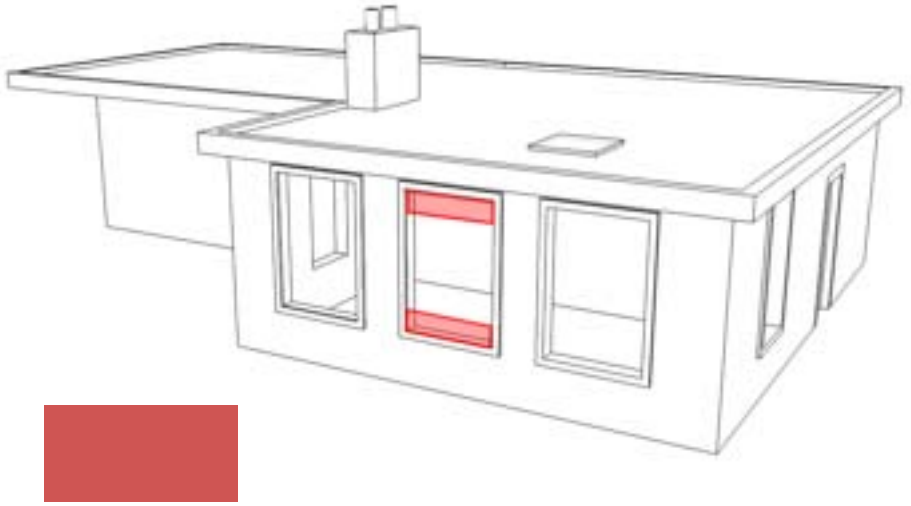


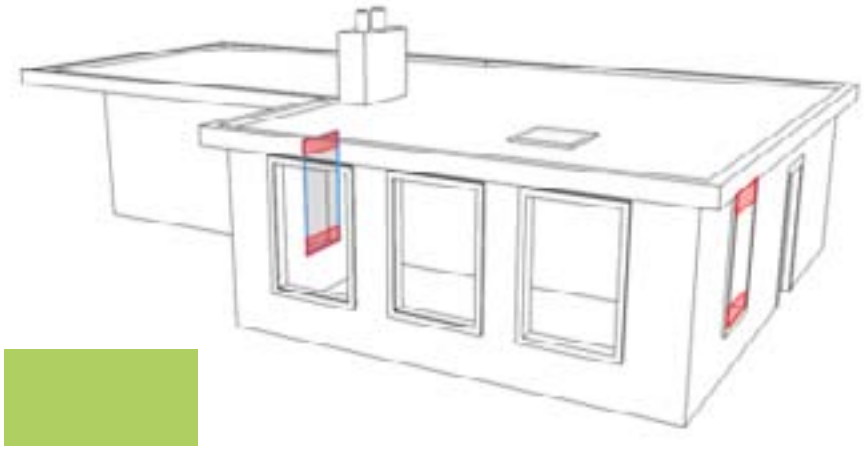
Soort ventilatie

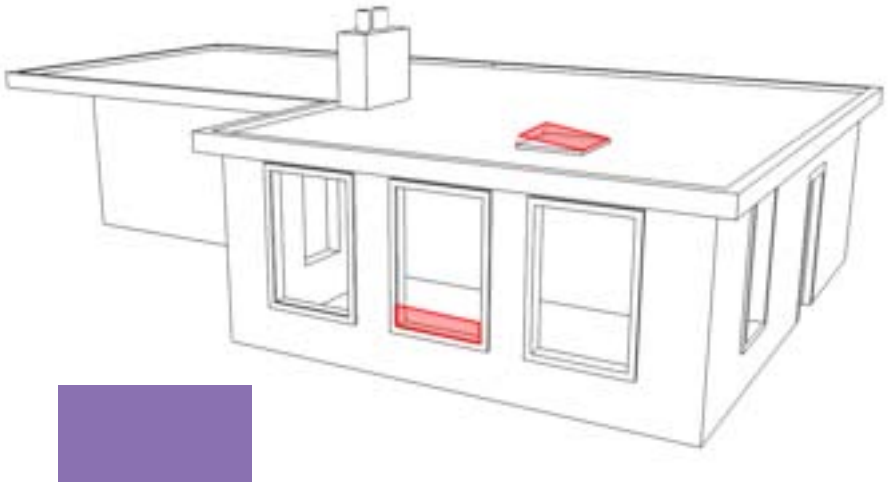


Plaatsing ventilatie openingen



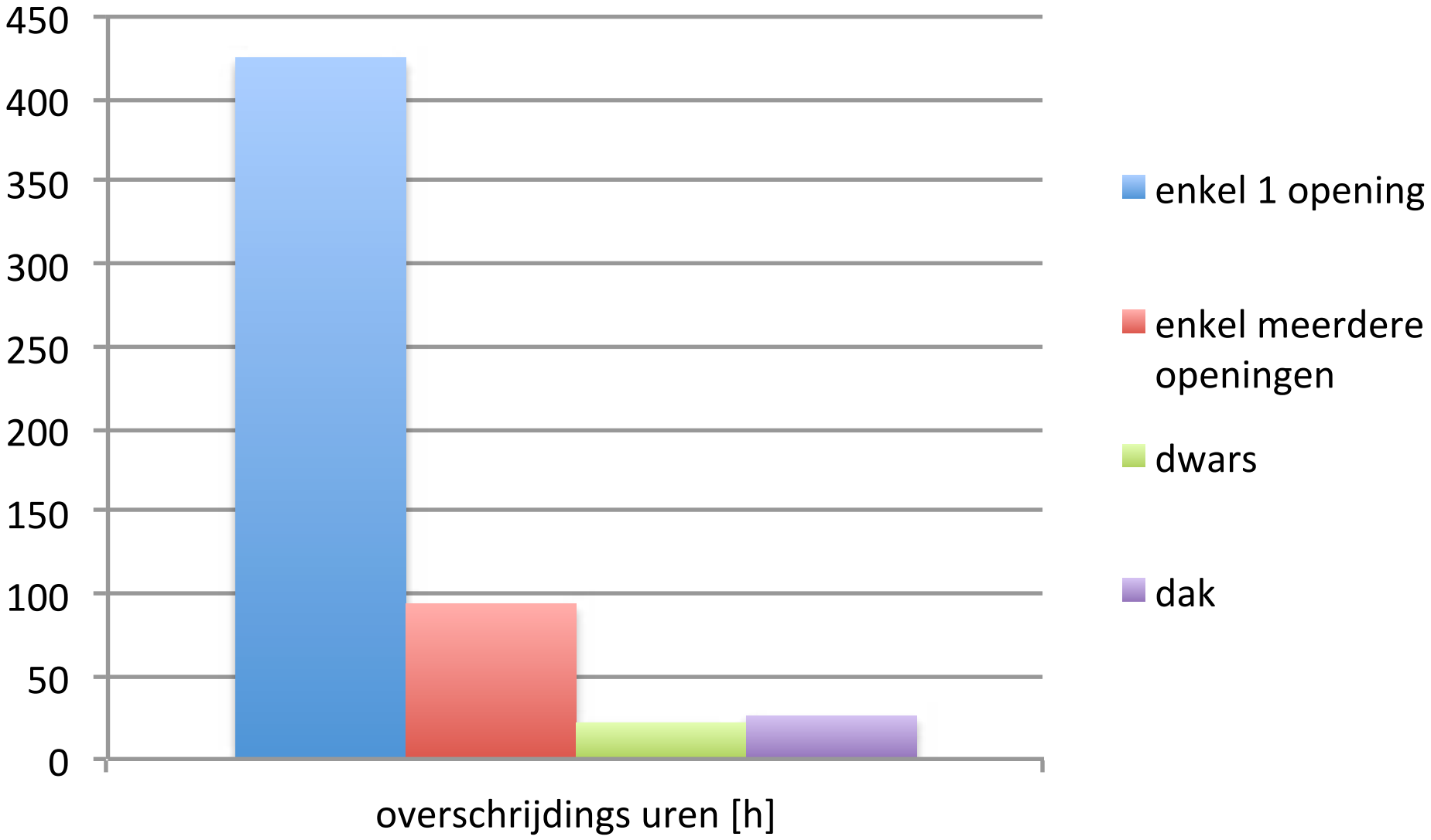




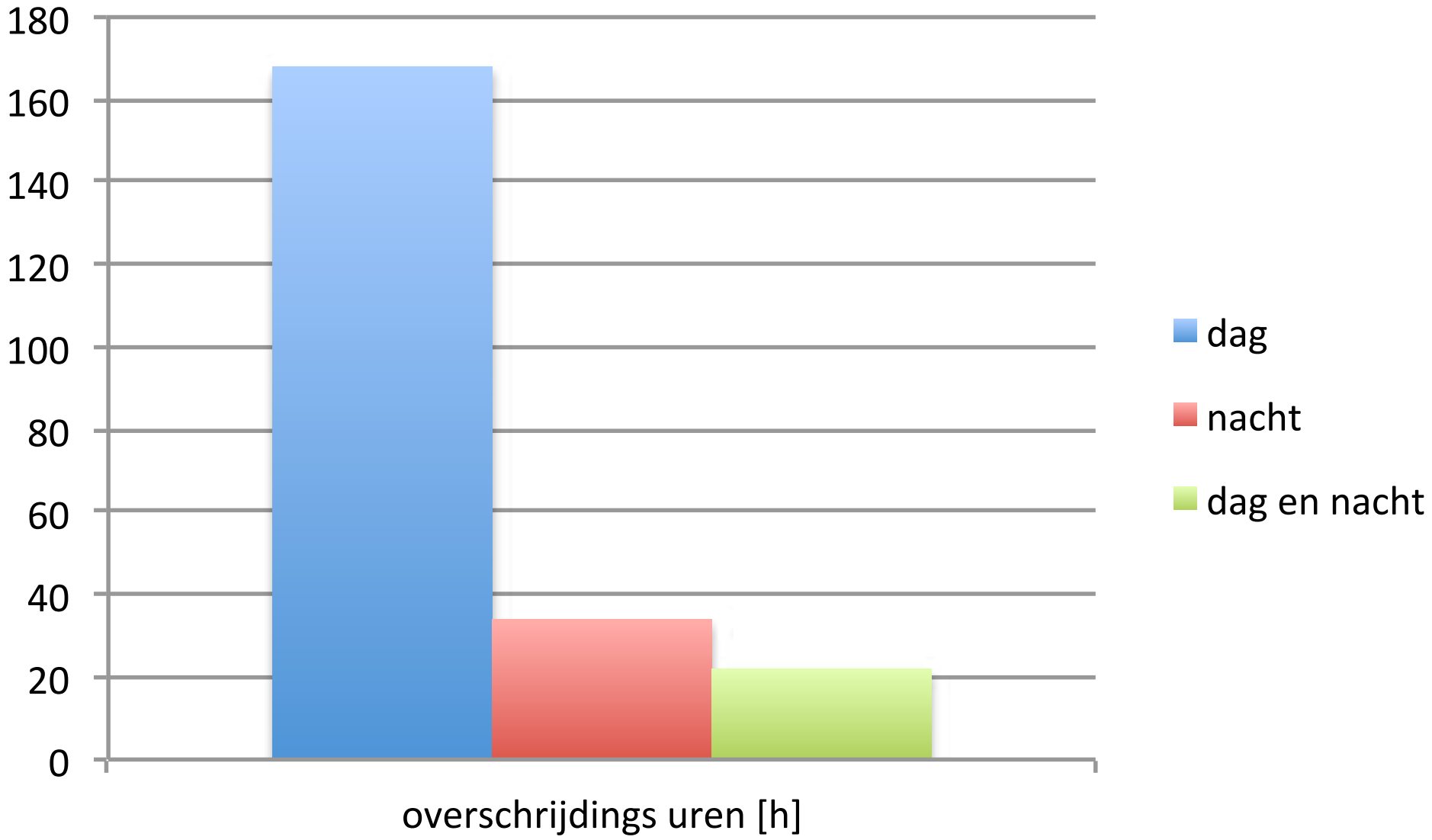


Student: Paula van den Brom, 1320025
Docent: Dr. Ir. W.H. van der Spoel & Dr. Ir. P.J.W. van den Engel

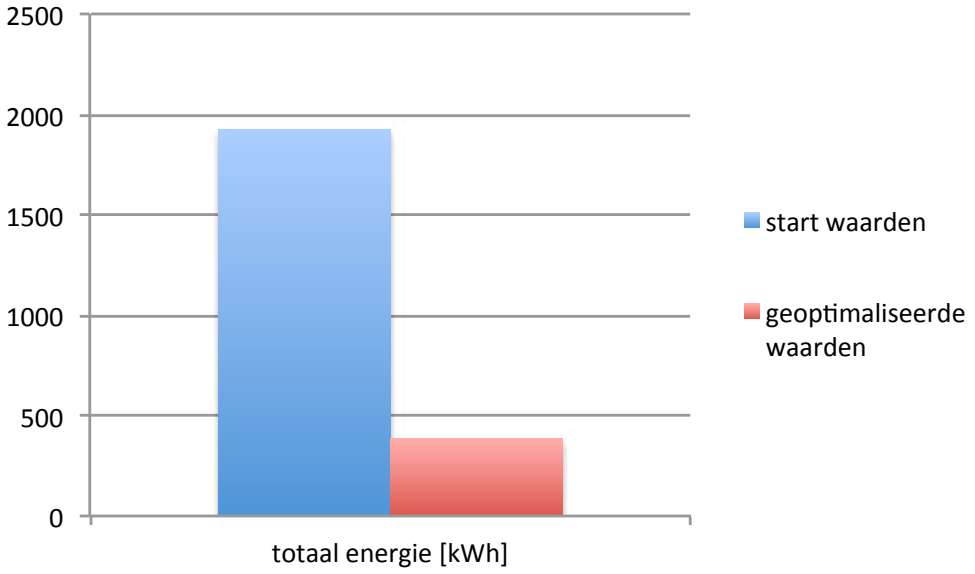
Plaatsing ventilatie openingen

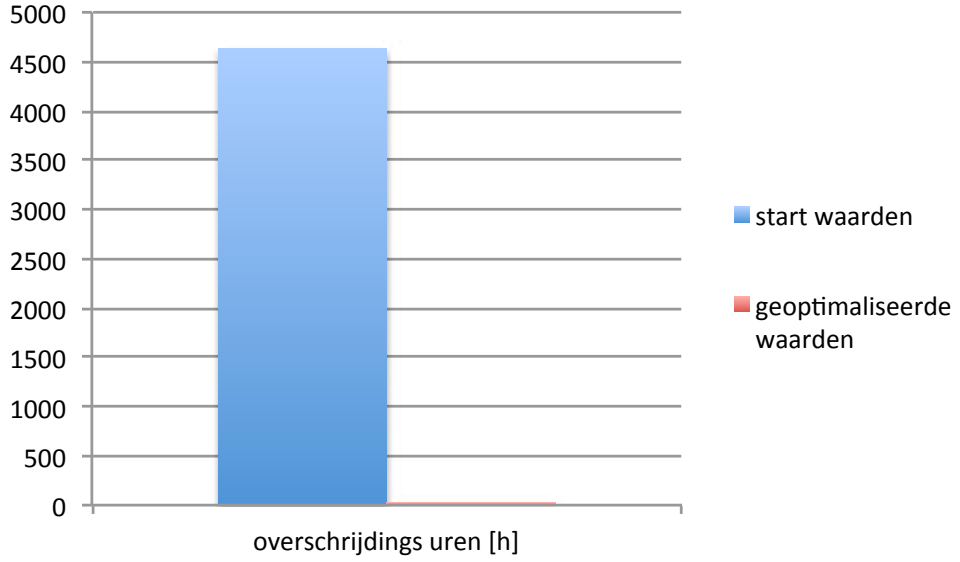


Invloed ventilatiemoment (dag/nacht)

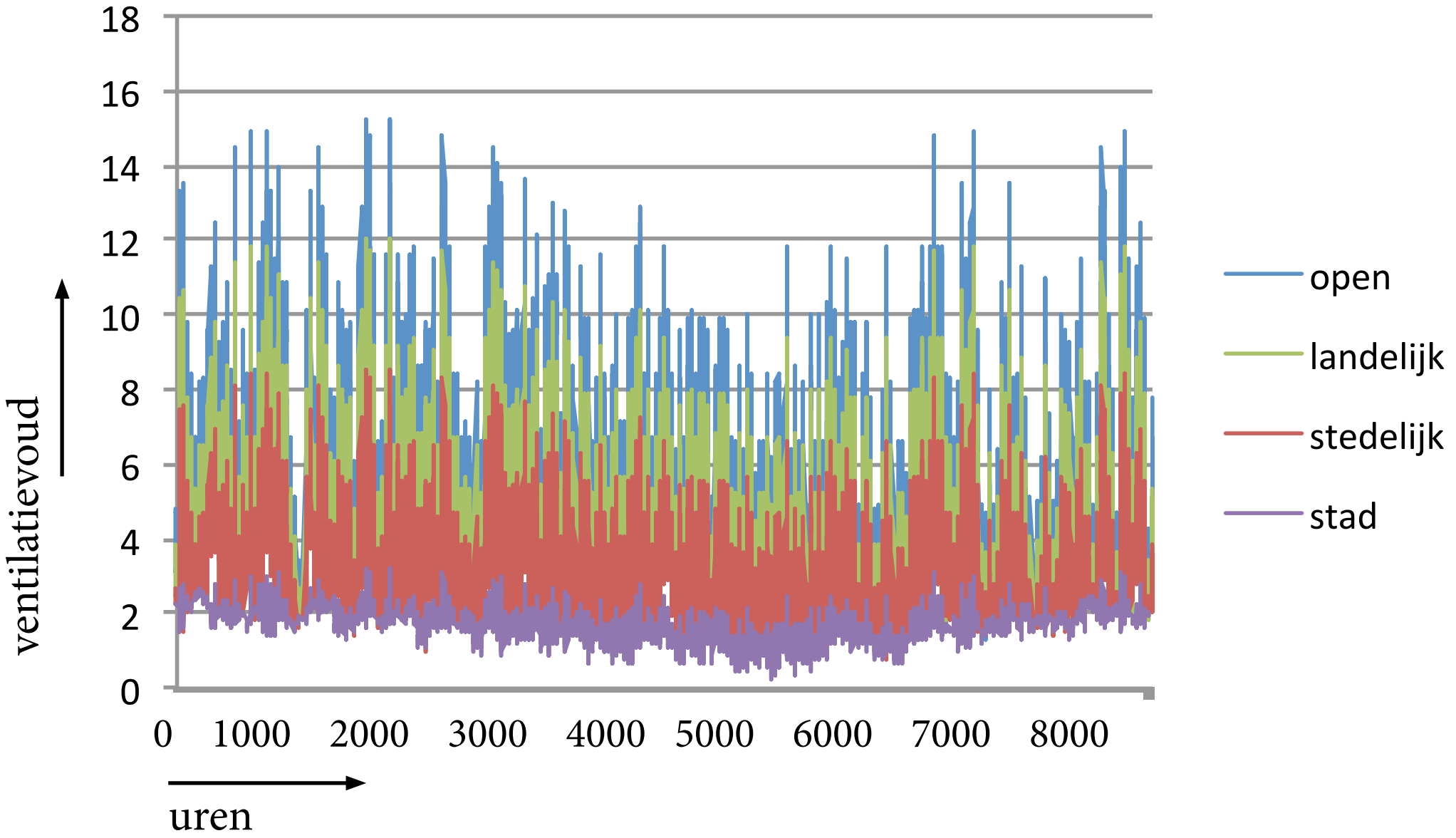


Optimalisatie





Invloed omgeving op ventilatie

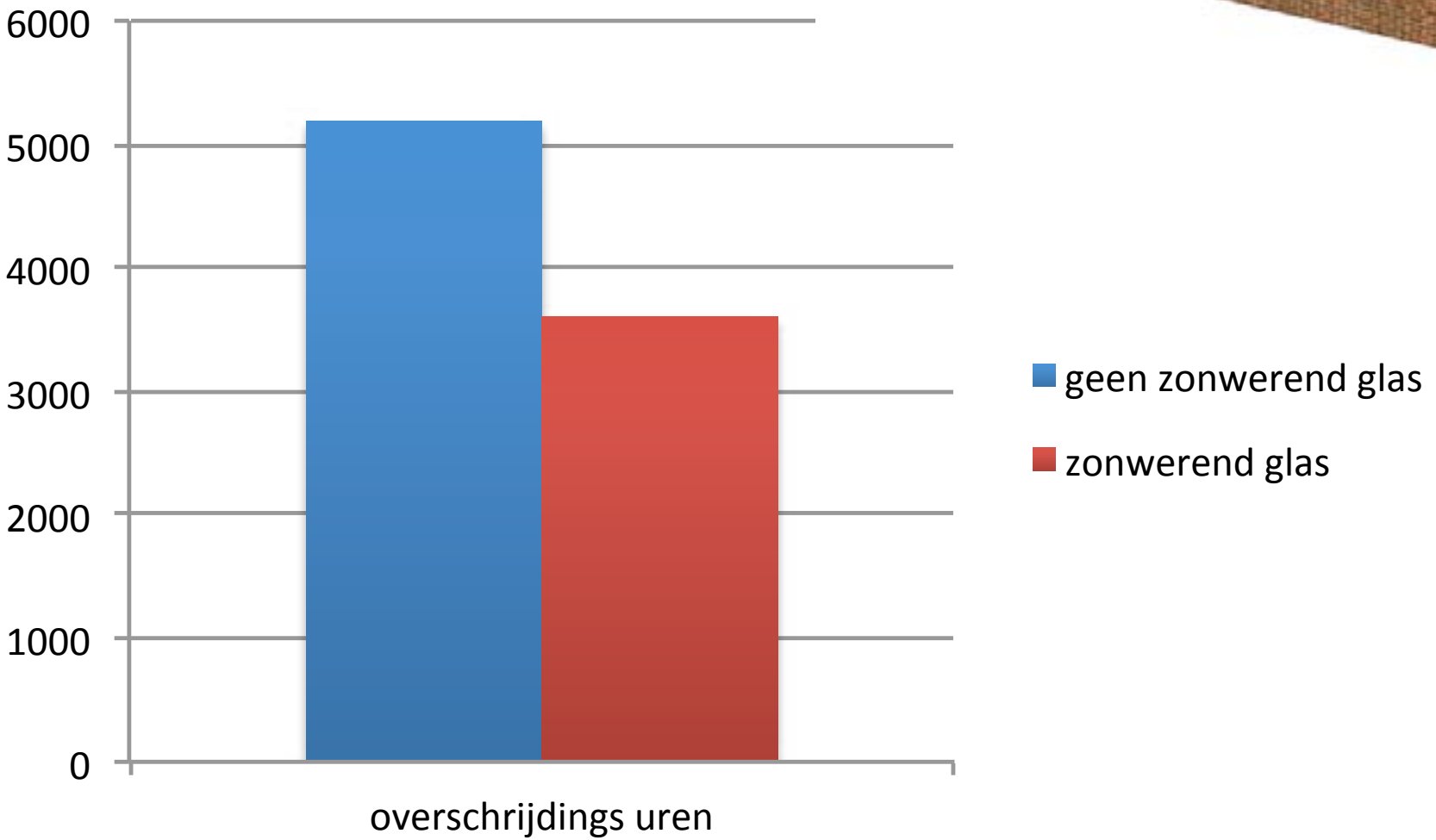


Probleem oplossen
Voorbeeld: Bestaande energiezuinige woning warmt teveel op.



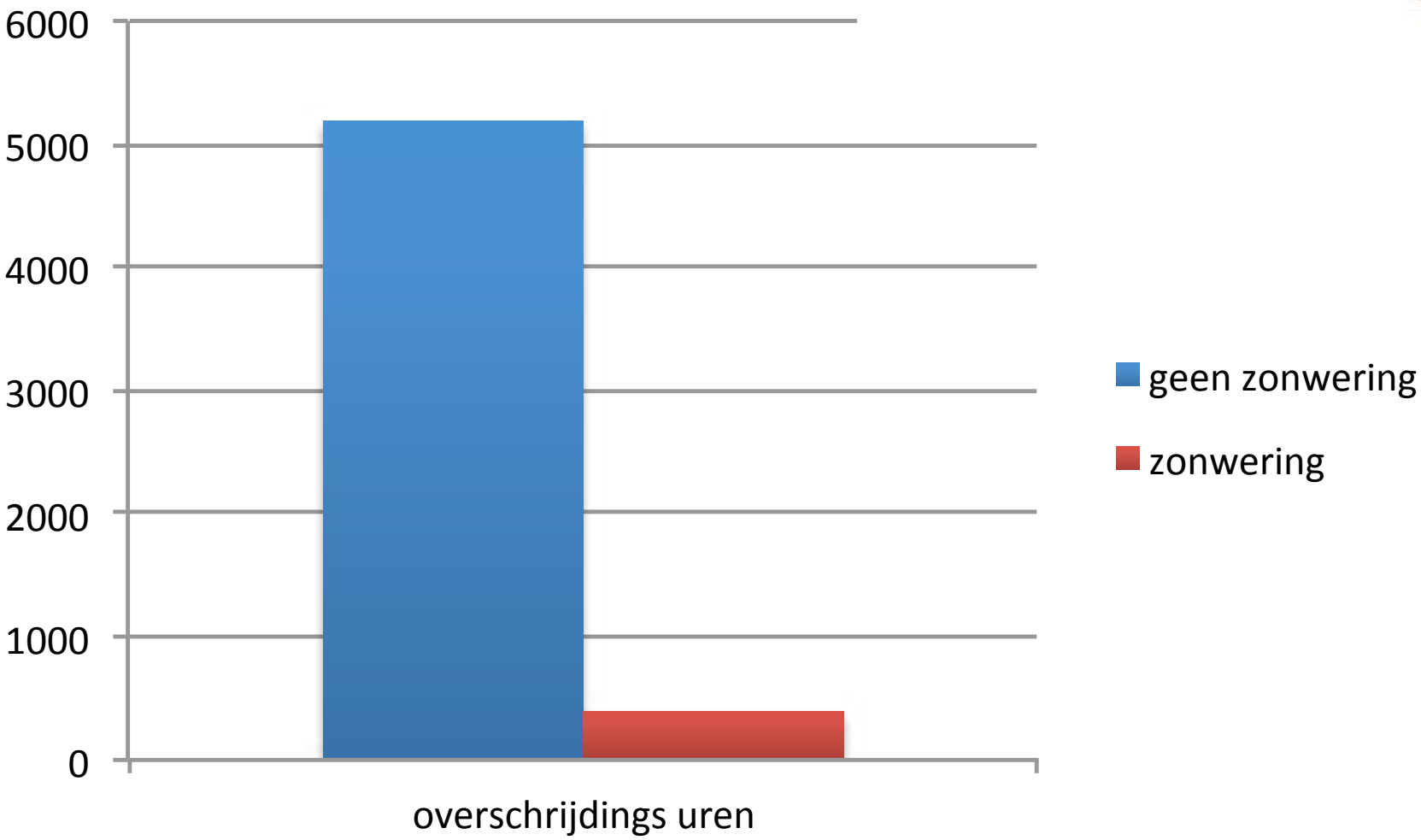
Probleem oplossen
Zonwerend glas





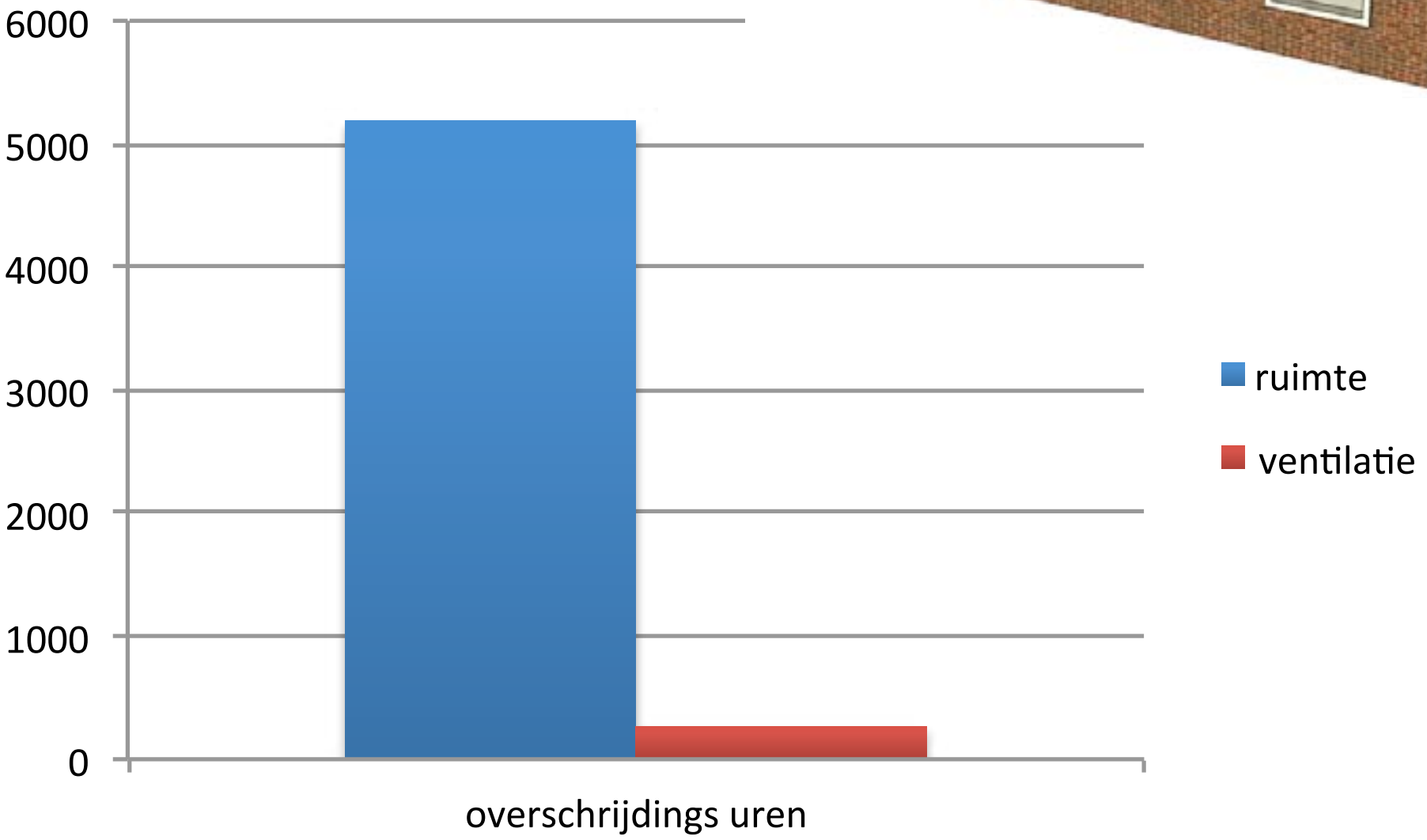
Probleem oplossen
Zonwering





Probleem oplossen
Ventilatie openingen: afmetingen en plaatsing



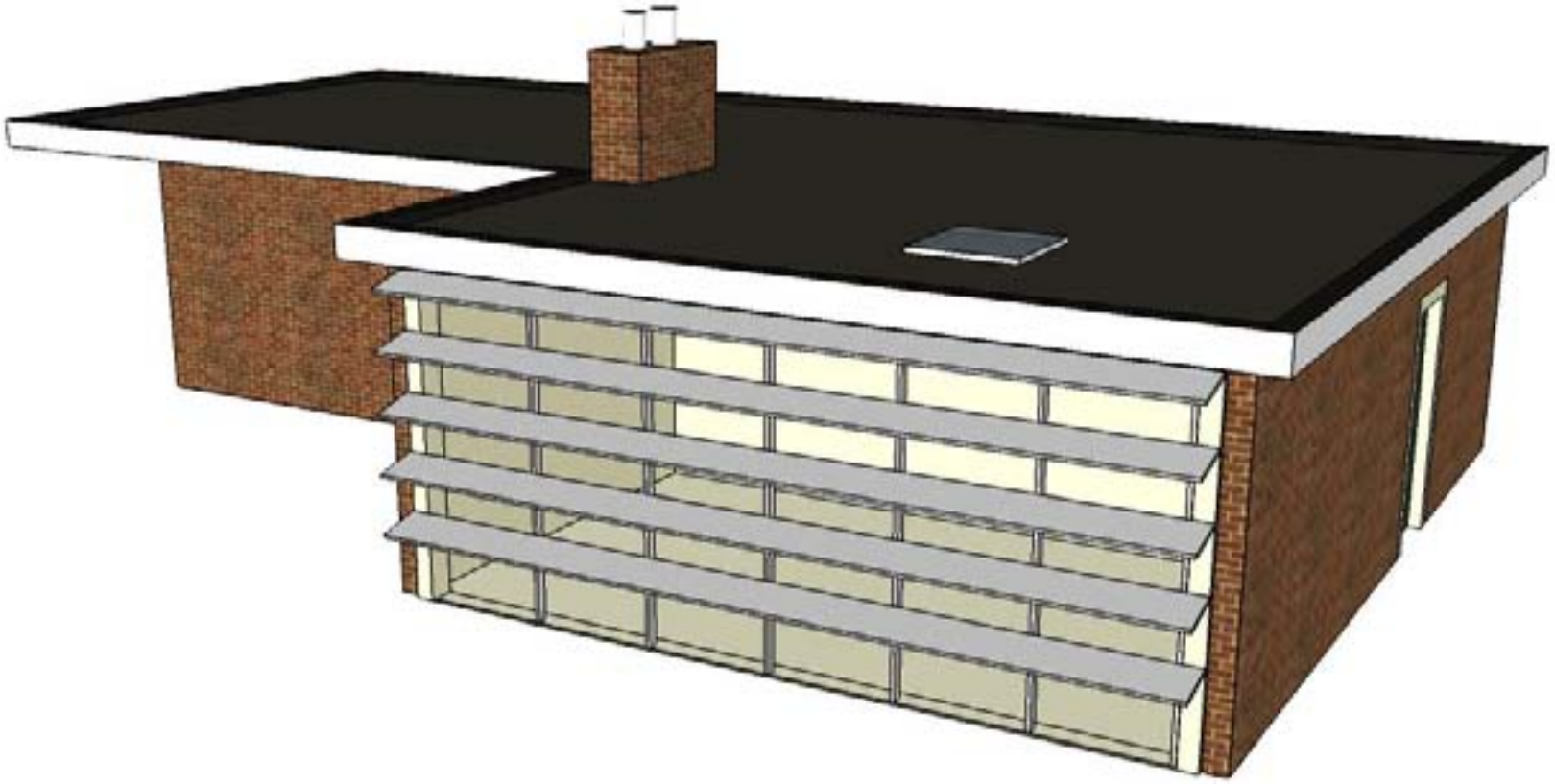


Architectonische keuzes

Student: Paula van den Brom, 1320025
Docent: Dr. Ir. W.H. van der Spoel & Dr. Ir. P.J.W. van den Engel

Architectonische keuzes
Voorbeeld: zoveel mogelijk glas

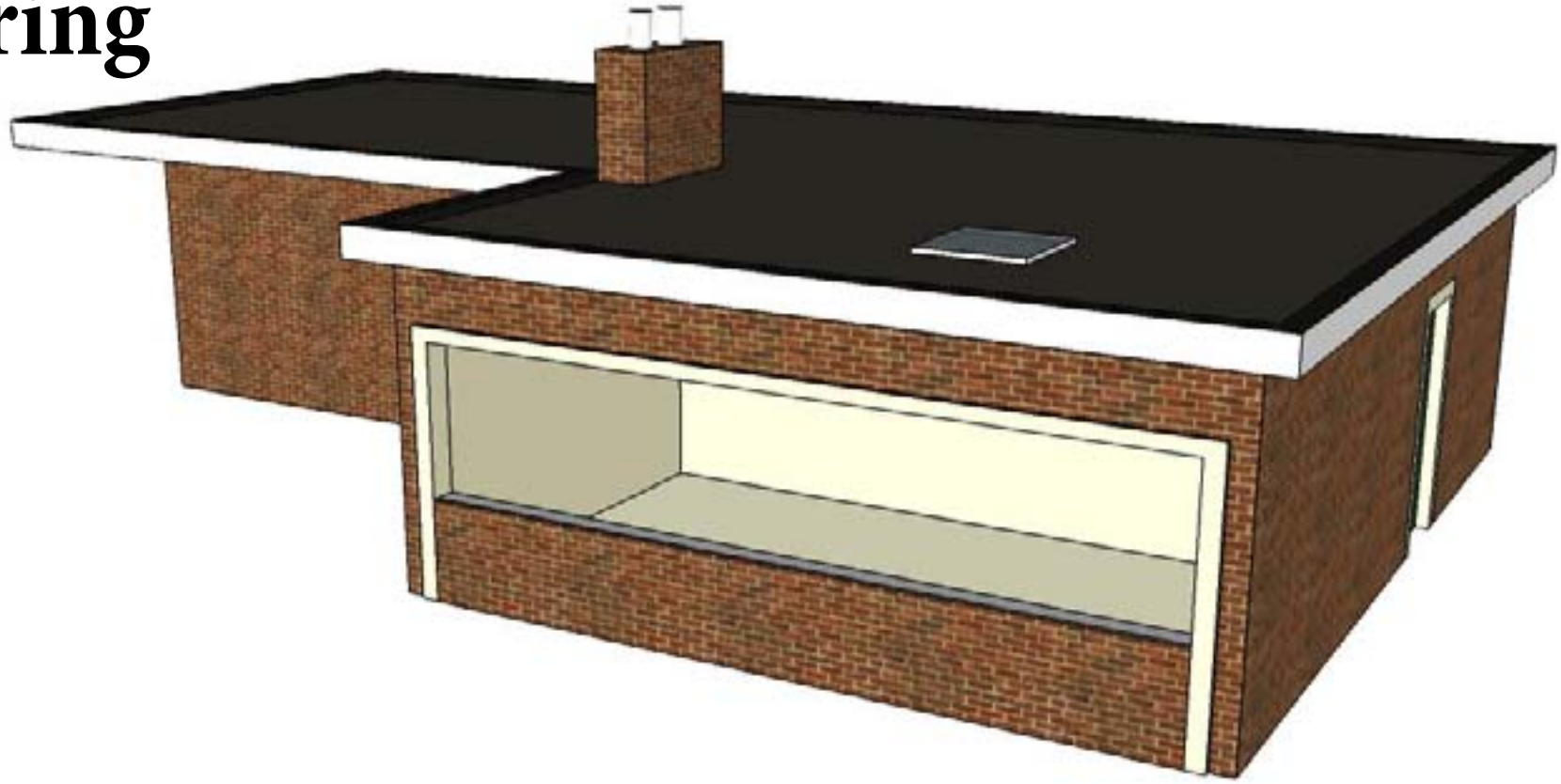
Architectonische keuzes
Voorbeeld: zoveel mogelijk glas



overschrijdingsuren <40

Architectonische keuzes
Voorbeeld: zoveel mogelijk glas zonder zonwering

Architectonische keuzes
Voorbeeld: zoveel mogelijk glas zonder zonwering



Zonder ventilatie is een glasoppervlak van 1.6 m2 mogelijk

Met ventilatie is een oppervlak van 10.6 m2 mogelijk

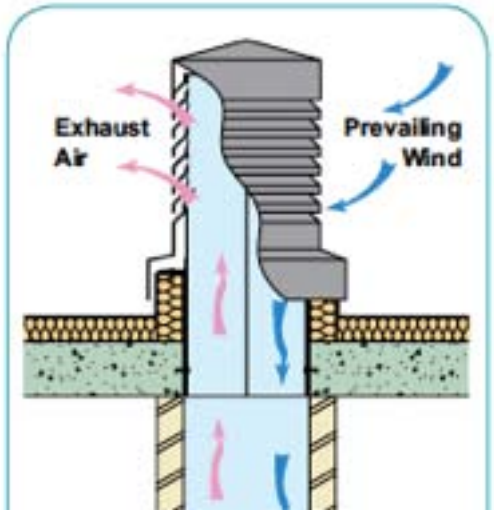
Samenvatting Resultaten

Ontwerpoverwegingen kunnen op een eenvoudige manier vroeg in het ontwerppproces getoetst worden.

Architectonische keuzes
Voorbeeld: ventilatiemogelijkheden













Conclusie

Uit resultaten blijkt dat (Nacht)ventilatie een effectief middel is om oververhitting tegen te gaan.

De architect heeft invloed op ventilatie debiet door het plaatsen van openingen.

De rekentool biedt de architect de mogelijkheid om een ontwerp te toetsen.

Uitkomsten rekentool komen bij benadering overeen met uitkomsten andere rekentools.

Aanbevelingen:

Kleinere tijdsstappen

Model geschikt maken voor meerdere zones

Extra onderzoek naar het inzetten van de rekentool in de EPG berekening (NEN 7120).

Presentatie P4
Datum: 12-12-2012

Student: Paula van den Brom, 1320025

Docent: Dr. Ir. W.H. van der Spoel & Dr. Ir. P.J.W. van den Engel