

Het benutten van zontoetreding door het raam

Kenniskbank Bouwfysica

Auteur: ir. A.C. van der Linden

1 Inleiding

's Zomers kan zontoetreding door het raam tot hoge (soms zelfs te hoge) binnentemperaturen leiden als er niet een adequate vorm van zonwering wordt toegepast. Echter, gedurende het stookseizoen kan zontoetreding juist zeer welkom zijn als positieve post in de warmtebalans om het gebruik van energie, bij voorbeeld in de vorm van aardgas, om ruimteverwarming te verminderen. Hetzelfde geldt ook voor de onder andere door apparaten en mensen binnen vrijkomende warmte. De beste manier om de invloed van dit soort zaken te berekenen, is door middel van een dynamisch computermodel, waarin alle warmtestromen en de regeling van de installatie worden gesimuleerd. Echter, vooral tijdens de eerste fasen van een ontwerpproces is het nuttig als men kan beschikken over een "handmethode" die redelijk betrouwbare uitkomsten geeft. Ook is het - zeker bij wat kleinere projecten in verband met de kosten - niet altijd mogelijk om van computerberekeningen gebruik te maken. Daarnaast zijn de benodigde soort programma's ook nog niet voor iedereen even gemakkelijk beschikbaar.

2 Benutting zontoetreding

Een van de meest recente "handmethoden" is ontwikkeld door de TNO [1]. Men heeft daarbij op basis van vergelijking van stationaire berekeningen met berekeningen via een dynamisch computermodel factoren afgeleid waarmee de - op de hierna te noemen wijze bepaalde - stationaire warmtebehoefte kan worden gecorrigeerd.

De buitenklimaatgegevens zijn bewerkt voor een aantal perioden op de dag die zich kunnen onderscheiden in gebruik van zonwering en gordijnen of in te stellen binnentemperatuur.

Hierbij heeft het gebruik van een woning model gestaan met de volgende invulling van de perioden:

1. Vroege ochtend, zonsopgang tot 07.00 uur, overige parameters bij voorbeeld:
 - thermostaat laag (15 °C);
 - gordijnen gesloten;
 - zonwering omhoog.
2. Dagperiode 07.00 uur of zonsopgang, tot zonsondergang (zie ook periode 4) zonnestraling op de gevel $q_{ze} > 300 \text{ W/m}^2$; overige parameters bij voorbeeld:
 - thermostaat hoog (20-21 °C);
 - gordijnen open;
 - zonwering neer.
3. Dagperiode 07.00 uur of zonsopgang, tot zonsondergang (zie ook periode 4) zonnestraling op de gevel $q_{ze} < 300 \text{ W/m}^2$; overige parameters bij voorbeeld:
 - thermostaat hoog (20-21 °C);
 - gordijnen open;
 - zonwering omhoog.
4. Ochtend/avondperiode, 07.00 uur tot zonsopgang, en zonsondergang tot 23.00 uur; overige parameters bij voorbeeld:

- thermostaat hoog (20-21 °C);
 - gordijnen dicht;
 - zonwering omhoog.
5. Nachtperiode, 23.00 uur tot 07.00 uur of zonsopgang, als deze eerder valt; overige parameters bij voorbeeld:
- thermostaat laag (15 °C);
 - gordijnen dicht;
 - zonwering omhoog.

	0° (noord)			30°			60°		
	h	\bar{T}_e	\bar{q}_{ze}	h	\bar{T}_e	\bar{q}_{ze}	h	\bar{T}_e	\bar{q}_{ze}
1	116	4,2	14,7	116	4,2	22,7	116	4,2	29,9
2	0	-	-	1	10,5	312,0	38	9,0	381,0
3	2067	6,4	61,3	2066	6,4	62,6	2029	6,4	67,1
	90° (oost)			120°			150°		
1	116	4,2	33,2	116	4,2	31,4	116	4,2	25,1
2	140	7,4	452,0	282	7,3	486,6	372	7,4	521,3
3	1927	6,3	69,0	1785	6,3	65,3	1695	6,2	67,1
	180° (zuid)			210°			240°		
1	116	4,2	16,4	116	4,2	14,7	116	4,2	14,7
2	430	8,2	515,6	376	8,6	506,7	284	9,7	477,5
3	1637	5,9	67,3	1691	5,9	70,5	1783	5,9	68,1
	270° (west)			300°			330°		
1	116	4,2	14,7	116	4,2	14,7	116	4,2	14,7
2	155	10,9	452,2	61	12,7	318,0	0	-	-
3	1912	6,0	76,2	2006	6,2	67,7	2067	6,4	64,0
	alle oriëntaties								
4	1325	4,3	-						
5	1580	3,2	-						

tabel 1. aantal uren (h), gemiddelde buitentemperatuur (\bar{T}_e in °C) en gemiddelde opvallende zonnestraling (\bar{q}_{ze} in W/m^2) per periode, voor 12 oriëntaties afgeleid uit uurlijkse weergegevens van het KNMI voor het station De Bilt voor het (representatief geachte) stookseizoen 1 oktober 1964 t/m 30 april 1965

Het stookseizoen is 212 dagen = 5088 uren lang.

De gemiddelde buitentemperatuur over die periode is $\bar{T}_e = 4,8$ °C

Indeling van de verschillende dagperioden:

1. Vroege ochtend van zonsopgang tot 07.00 uur.
2. Dagperiode 07.00 uur of zonsopgang tot zonsondergang; zonnestraling op de gevel $q_{ze} > 300 \text{ W/m}^2$.
3. Idem; zonnestraling op de gevel $q_{ze} < 300 \text{ W/m}^2$.
4. Ochtend/avondperiode, 07.00 uur tot zonsopgang als deze later valt, en zonsondergang tot 23.00 uur.
5. Nachtperiode 23.00 uur tot 07.00 uur of zonsopgang, als deze voor 07.00 uur valt.

In tabel 1 zijn de uren binnen de verschillende perioden gegeven en de gemiddelde waarde van buitentemperatuur en zonnestraling over die uren.

In een voorbeeld wordt nu een en ander toegelicht. Hierbij moet men steeds bedenken dat maatregelen die 's winters in verband met energiebesparing nuttig zijn, zomers tot problemen kunnen leiden. Denk hierbij aan (te) veel glas op het zuiden met niet voldoende zonwering. Men zal altijd een evenwicht tussen winter- en zomersituatie moeten nastreven.

Voorbeeld:

Woonkamer met raam op het zuiden; 6 m^2 glas, 10 m^2 geïsoleerde spouwmuur. Raamsysteem dubbelglas met binnenzonwering en thermisch isolerende luiken aan de buitenkant. Dagtemperatuur $T_{i,d} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, nachttemperatuur (ingesteld) $T_{i,n} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$. Gebruik van zonwering en luiken zoals hiervoor beschreven (waarbij men voor "gordijnen" nu "luiken" moet lezen).

In tabel 2 zijn de U-waarden en zontoetredingsfactoren gegeven.

	U in W/m^2	ZTA
dubbelglas onafgeschermd	3,2	0,7
dubbelglas met binnenzonwering	3,0	0,5
dubbelglas met isolerende luiken	0,6	0,5
geïsoleerde spouwmuur	0,4	0,0

tabel 2. in het voorbeeld van de woonkamer op het zuiden te gebruiken U-waarden en zontoetredingsfactoren

In tabel 3 wordt de berekening gemaakt van de bruto warmtetransmissie (BWT) en de bruto zontoetreding (BZT) voor het glasvlak. In tabel 4 gebeurt hetzelfde voor de spouwmuur.

Voor iedere periode wordt het aantal uren (h), de gemiddelde buitentemperatuur (\bar{T}_e) en de gemiddelde zonnestraling (\bar{q}_{ze}) afgelezen uit tabel 1. Uit tabel 2 worden de voor die periode van toepassing zijnde U-waarde en ZTA overgenomen. Met behulp van deze gegevens en de op thermostaat ingestelde temperatuur voor de betreffende periode worden BWT en BZT berekend.

In tabel 5 wordt het bruto warmteverlies door ventilatie (BWV) berekend. Uitgegaan wordt van een ventilatie van 120 m³/h voor de dag- en avondperiode, inclusief een infiltratie (door naden en kieren) van 30 m³/h. Het warmteverlies per graad temperatuurverschil volgt hierbij uit:

$$k_v = \rho \cdot c \cdot \dot{V} \tag{1}$$

Hierin is:

- k_v warmteverlies door ventilatie per graad temperatuurverschil in W/K
- ρ soortelijke massa van lucht ca 1,25 kg/m³
- c soortelijke warmte van lucht 1000 J/kg.K
- \dot{V} volumestroom van de ventilatie in m³/s.

Voor deze k_v vindt men in het voorbeeld:

dag-/avondperiode: $k_v = \frac{1,25 \cdot 1000 \cdot 120}{3600} = 41,7$

nachtperiode: $k_v = \frac{1,25 \cdot 1000 \cdot 30}{3600} = 10,4$

In tabel 5 wordt het bruto warmteverlies door ventilatie voor de vijf dagperiodes berekend.

	h uren	T _i °C	T _e °C	q _{ze} W/m ²	U ... 2...	ZTA -	BWT kWh/m ²	BZT kWh/m ²
1	116	15	4,2	16,4	0,6	0,0	0,8	0,0
2	430	20	8,2	515,6	3,0	0,5	15,2	110,9
3	1637	20	5,9	67,3	3,2	0,7	73,9	77,1
4	1325	20	4,3	0,0	0,6	0,0	12,5	0,0
5	1580	15	3,2	0,0	0,6	0,0	11,2	0,0
Totaal							113,6	188,0

tabel 3. berekening bruto warmtetransmissie (BWT) en bruto zontoetreding (BZT) voor het glasvlak uit het voorbeeld; de meest linkse kolom geeft het nummer van de betreffende dagperiode weer

	h uren	T _i °C	T _e °C	k _v W/K	BWV kWh
1	116	15	4,2	10,4	13,0
2	430	20	8,2	41,7	211,6
3	1637	20	5,9	41,7	962,5
4	1325	20	4,3	41,7	867,5
5	1580	15	3,2	10,4	193,9
Totaal					2248,5

tabel 4. berekening bruto warmtetransmissie (BWT) voor de spouwmuur uit het voorbeeld

	h uren	T _i °C	T _e °C	W, U	BWT kWh/m ²
1	116	15	4,2	0,4	0,5
2	430	20	8,2	0,4	2,0
3	1637	20	5,9	0,4	9,2
4	1325	20	4,3	0,4	8,3
5	1580	15	3,2	0,4	7,5
Totaal					27,5

tabel 5. berekening bruto warmteverlies door ventilatie (BWV) voor de woonkamer uit het voorbeeld

Uit de cijfers die uit de berekening zoals gepresenteerd in tabel 3, 4 en 5 ziet men dat:

- het raam in beginsel, mede door de toepassing van thermisch isolerende luiken, meer energie oplevert dan het verliest;
- het warmteverlies door de spouwmuur vrij klein is;
- het warmteverlies door ventilatie de grootste verliespost is.

Of de warmtewinst door het raam ook daadwerkelijk kan worden benut, hangt af van in hoeverre het vertrek overdag meer opwarmt dan het gewenste niveau van 20 °C en in hoeverre het 's nachts kan afkoelen tot de ingestelde temperatuur van 15 °C. Uiteraard speelt hierin ook de massa van het gebouw een rol, zie figuur 1. Verder is er nog de invloed van de andere warmtebronnen in het gebouw (mensen, verlichting, apparaten, enz.). De grootte van de post bruto interne warmteontwikkeling (BIW) kan men inschatten met behulp van de gegevens uit tabel 6. De gegevens betreffen jaargebruiken. Voor de berekening moeten ze dus worden gecorrigeerd voor de lengte van de periode waarover het gebruik van belang is. Verder zal niet bij alle apparaten de ontwikkelde warmte geheel aan de woning ten goede komen [2].

Voor het voorbeeld wordt hier een totaal van 1250 kWh voor het stookseizoen (212 dagen) aangehouden. De warmtebehoefte van het vertrek die via de verwarmingsinstallatie moet worden toegevoerd, volgt bij de stationaire berekening uit::

$$WB_{\text{stat}} = Q_{\text{uit}} - Q_{\text{in}}$$

Hierin is:

Q_{uit} totale uitgaande warmtestroom (BWT + BWV)

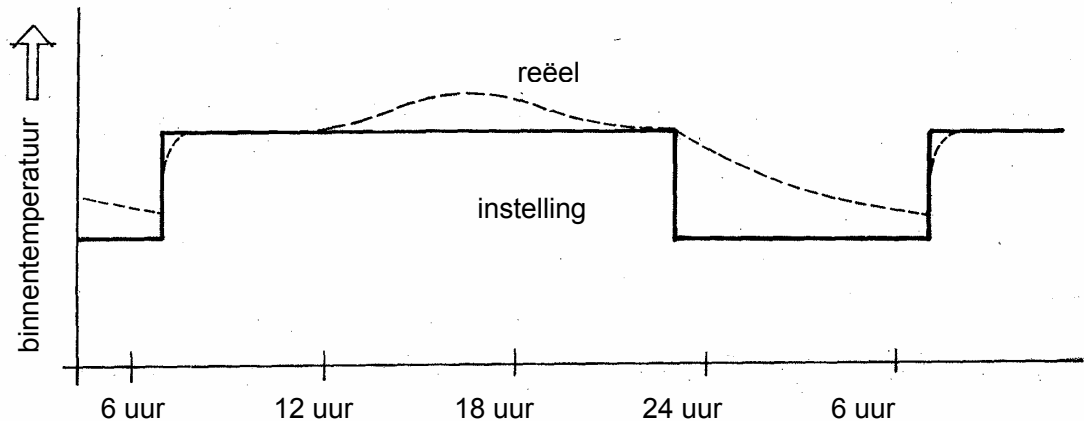
Q_{in} totale inkomende warmtestroom (BZT + BIW)

In het voorbeeld (6 m² glas en 10 m² spouwmuur) zijn de getallen als volgt:

$$\begin{aligned} Q_{\text{uit}} &= BWT_{\text{glas}} + BWT_{\text{spouwmuur}} + BWV \\ &= 6.113,6 + 10.27,5 + 2248,5 \\ &= 6826 + 275 + 2248 = 3205 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{in}} &= BZT_{\text{glas}} + BIW \\ &= 6.188,0 + 1250 = 1128 + 1250 = 2378 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$WB_{\text{stat}} = Q_{\text{uit}} - Q_{\text{in}} = 3205 - 2378 = 827 \text{ kWh}$$



figuur 1. de binnentemperatuur en daarmee de warmtetransmissie naar buiten is overdag (door zoninstraling) en 's nachts (door de traagheid van de gebouwmassa, warmteaccumulatie) veelal hoger dan men op grond van de instelwaarde van de thermostaat zou berekenen

	elektriciteitsgebruik in kWh/jaar	
	normaal	energiezuinig
verlichting	650	550
koelkast	500	325
diepvriezer	700	425
tv-ontvanger	150	75
radio-ontvanger	30	30
stofzuiger	65	65
strijkijzer	30	30
elektrisch fornuis/oven	950	950
diversen	230	230
cv-pomp	500	200
elektrische boiler*	2000	2000
wasautomaat*	400	300
wasdroger*	700	500
afwasmachine*	700	525

tabel 6. richtwaarde voor huishoudelijk elektriciteitsgebruik voor toestellen in normale en in energiezuinige uitvoering en / of bij meer bewust gebruik [3]

* bij deze apparaten verdwijnt het merendeel van de opgewekte energie met het afvalwater in het riool of met de afgewerkte lucht naar buiten

Uit vergelijking van op deze wijze bepaalde stationair berekende warmtebehoefte met de uit berekeningen met een dynamisch computermodel verkregen waarden zijn correctiefactoren afgeleid, waarmee men de werkelijke dynamische warmtebehoefte redelijk kan benaderen.

$$WB_{\text{stat.gecorr.}} = a \cdot Q_{\text{uit}} - b \cdot Q_{\text{in}}$$

In tabel 7 zijn de waarden voor a en b in diverse situaties gegeven.

Voor het woonvertrek uit het voorbeeld volgt:

bij normale gebouwmassa:

$$WB_{\text{stat.gecorr.}} = 0,87 \cdot 3205 - 0,63 \cdot 2378 = 1290 \text{ kWh}$$

bij zeer geringe gebouwmassa:

$$WB_{\text{stat.gecorr.}} = 0,84 \cdot 3205 - 0,53 \cdot 2378 = 1336 \text{ kWh}$$

1. Zoals blijkt uit het rapport "Zonwering bij gebouwen" van SBR [4] is de invloed van de gebouwmassa betrekkelijk gering. Deze hoeft daarom niet als een aparte parameter te worden ingevoerd. Er kan worden volstaan met een indeling in twee klassen (normaal en zeer licht).

Het geldigheidsgebied van de hiervoor beschreven methode is beperkt tot die situaties waarbij $Q_{\text{uit}} > Q_{\text{in}}$. Dat wil zeggen dat voor gebouwen met grotere bruto winstposten dan verliesposten wellicht andere waarden voor a en b zouden moeten gelden.

Verder kan men voor de binnentemperatuur overdag waarden kiezen tussen 15 en 21 °C.

Voor de instelling van de thermostaat tijdens nachtverlaging moet men in principe altijd de waarde 15 °C kiezen. Het feit dat deze temperatuur niet altijd zal worden bereikt (door de in de bouwmassa geaccumuleerde warmte) is in de correctiefactoren opgenomen.

situatie	a	b
normale gebouwmassa, nachtverlaging tot 15 °C	0,87	0,63
normale gebouwmassa, geen nachtverlaging	0,82	0,63
zeer geringe gebouwmassa, wel of geen nachtverlaging	0,81	0,53

tabel 7. factoren voor het corrigeren van de stationair berekende warmtebehoefte, geldig voor gebouwen met een dagindeling zoals weergegeven bij tabel 1 (woningen)

$$WB_{\text{stat.gecorr.}} = a \cdot Q_{\text{uit}} - b \cdot Q_{\text{in}}$$

LITERATUUR

2. "Zonstralingstabellen", ISSO, publicatie nr. 3, Rotterdam, oktober 1976.
3. "Tussenrapport Maatschappelijke Discussie Energiebeleid", 's-Gravenhage, januari 1983.
4. "Zontoetredingsfactoren", ISSO, publicatie nr. 2, Rotterdam, augustus 1975.
5. "Zonwering bij gebouwen", Stichting Bouwresearch, publicatie nr. 42, Rotterdam.