



# ISSO-publicatie 53

## Warmteverliesberekening voor utiliteitsgebouwen met vertrekhoogten tot 4 meter

Status

Actueel

Publicatiedatum

01-07-2017

Opmerking

Deze ISSO-publicatie is bedoeld voor installateurs en installatietechnische adviseurs die verwarmingssystemen in vertrekken moeten dimensioneren en/of het vermogen van de warmteopwekker moeten bepalen. Deze ISSO-publicatie bevat de berekeningsmethode voor het bepalen van het per vertrek te installeren verwarmingsvermogen en gaat nader in op het te leveren verwarmingsvermogen voor een utiliteitsgebouw c.q. de bijdrage aan een collectieve warmteopwekker. In de berekeningsmethode wordt onderscheid gemaakt tussen utiliteitsgebouwen die voldoen aan de (nieuwbouw)eisen van het Bouwbesluit en bestaande gebouwen die er niet aan voldoen.

Uitgever

ISSO

ISBN

978-90-5044-302-9

Taal

nl

Herkomst print

{{date-of-print}}

Samenvatting

Deze ISSO-publicatie is bedoeld voor installateurs en installatietechnische adviseurs die verwarmingssystemen in vertrekken moeten dimensioneren en/of het vermogen van de warmteopwekker moeten bepalen. Deze ISSO-publicatie bevat de berekeningsmethode voor het bepalen van het per vertrek te installeren verwarmingsvermogen en gaat nader in op het te leveren verwarmingsvermogen voor een utiliteitsgebouw c.q. de bijdrage aan een collectieve warmteopwekker. In de berekeningsmethode wordt onderscheid gemaakt tussen utiliteitsgebouwen die voldoen aan de (nieuwbouw)eisen van het Bouwbesluit en bestaande gebouwen die er niet aan voldoen.

Downloads



# Inhoudsopgave: ISSO-publicatie 53

## Warmteverliesberekening voor utiliteitsgebouwen met vertrekhoogten tot 4 meter

- Samenvatting
- Afkortingen
- Symbolenlijst
- Begrippenlijst
- 1 Inleiding
  - 1.1 Algemeen
  - 1.2 Hoe aan de slag?
- 2 Uitgangspunten en definities
  - 2.1 Uitgangspunten
  - 2.2 Bepaling oppervlakte A van een vlak ten behoeve van transmissieberekening en tijdconstante
  - 2.3 Bepaling van of het oppervlak of de inhoud van een gebouw/ruimte bij het bepalen van de tijdconstante van een gebouw of voor ventilatieberekeningen
  - 2.4 Bepaling U-waarde
  - 2.5 Ontwerpbinnentemperatuur
  - 2.6 Ontwerpbuitencondities
    - 2.6.1 Bepaling tijdconstante
    - 2.6.2 Specifiek warmteverlies naar de buitenlucht
    - 2.6.3 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende panden
    - 2.6.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimten
    - 2.6.5 Specifiek warmteverlies naar de grond
    - 2.6.6 Specifiek warmteverlies door buitenluchttoetreding
- 3 Schillemethode - Warmteverliesberekening voor een gebouw
  - 3.1 Ontwerpbinnentemperatuur
  - 3.2 Specifiek warmteverlies van het gebouw naar de buitenlucht
  - 3.3 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimte(n)
  - 3.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend gebouw
  - 3.5 Specifiek warmteverlies naar de grond
  - 3.6 Warmteverlies door buitenluchttoetreding
    - 3.6.1 Specifiek warmteverlies door infiltratie
    - 3.6.2 Specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie Hv
  - 3.7 Toeslag voor bedrijfsbeperking
  - 3.8 Som van de gelijktijdig optredende systeemverliezen
  - 3.9 Som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten
- 4 Warmteverliesberekening per vertrek
  - 4.1 Algemeen
  - 4.2 Specifiek warmteverlies naar de buitenlucht
  - 4.3 Specifiek warmteverlies naar verwarmd vertrek in hetzelfde gebouw
  - 4.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimten
  - 4.5 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand

- 4.6 Specifiek warmteverlies naar de grond
- 4.7 Warmteverlies door buitenluchttoetreding
  - 4.7.1 Infiltratiewarmteverlies
  - 4.7.2 Ventilatiwarmteverlies
  - 4.7.3 Vorstbeveiliging
  - 4.7.4 In rekening te brengen warmteverlies door buitenluchttoetreding
- 4.8 Toeslag voor bedrijfsbeperking
  - 4.8.1 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking bij vrije afkoeling
  - 4.8.2 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking bij beperkte afkoeling
  - 4.8.3 Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking
- 4.9 Warmtewinst in vertrek
- 5 Bepaling van het aansluitvermogen
  - 5.1 Gebouw met individuele installatie
    - 5.1.1 Warmteverlies door buitenluchttoetreding
    - 5.1.2 Som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag
  - 5.2 Gebouwen met collectieve installaties
- 6 Voorbeeld
  - 6.1 Schilberekening
  - 6.2 Gedetailleerde berekening
- Bijlage A Vraagspecificatie
- Bijlage B Warmtedoorgangscoefficiënt van een raam
  - B.1 Warmtedoorgangscoefficiënt van beglazing zonder verrekking van randeffecten
  - B.2 U-waarden van kozijnen
  - B.3 De lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de rand van de beglazing
- Bijlage C Berekening van de opbrengst van warmteterugwinning
- Bijlage D Berekening van leiding- of kanaalverliezen in onverwarmde ruimten
  - D.1 Berekening van de leidingverliezen in onverwarmde ruimten
  - D.2 Berekening van de kanaalverliezen in onverwarmde ruimten
- Bijlage E Afkoeling en zwaarte van een gebouw
  - E.1 Globale bepaling van de te verwachten afkoeling van een gebouw
  - E.2 Zwaarte van het gebouw
- Bijlage F Bepaling temperatuur van aangrenzende vertrekken met een warmtebalans
  - F.1 Temperatuur van vertrekken die tot het gebouw behoren
  - F.2 Temperatuur van aangrenzende vertrekken die niet tot het gebouw behoren
    - F.2.1 Specifiek warmteverlies door uitwendige scheidingsconstructies
    - F.2.2 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand
    - F.2.3 Specifiek warmteverlies door scheidingsconstructies in contact met grond
    - F.2.4 Specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie
    - F.2.5 Specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie
- Bijlage G Bepaling van de ontwerpbinrentemperatuur
  - G.1 Algemeen
  - G.2 Bepalen van de kledingweerstand
  - G.3 Gemiddeld activiteitsniveau
  - G.4 Bepaling van de optimale operationele temperatuur
- Literatuurlijst
- Colofon
- Archief



# Samenvatting

Deze ISSO-publicatie is bedoeld voor installateurs en installatietechnische adviseurs die verwarmingssystemen in vertrekken moeten dimensioneren en/of het vermogen van de warmteopwekker moeten bepalen. Deze ISSO-publicatie bevat de berekeningsmethode voor het bepalen van het per vertrek te installeren verwarmingsvermogen en gaat nader in op het te leveren verwarmingsvermogen voor een utiliteitsgebouw c.q. de bijdrage aan een collectieve warmteopwekker.

In de berekeningsmethode wordt onderscheid gemaakt tussen utiliteitsgebouwen die voldoen aan de (nieuwbouw)eisen van het Bouwbesluit en bestaande gebouwen die er niet aan voldoen.

Voor beide typen utiliteitsgebouwen zijn de volgende berekeningsmethoden opgenomen:

1. Een verkorte methode voor het bepalen van het aansluitvermogen op basis van het schilverlies;
2. Een methode voor het bepalen van het per vertrek op te stellen vermogen;
3. Een methode voor de bepaling van het benodigde vermogen c.q. de bijdrage aan een collectieve warmteopwekker.

Het in een vertrek op te stellen vermogen bestaat uit een drietal bijdragen:

1. Het transmissiewarmteverlies;
2. Het warmteverlies door buitenluchttoetreding;
3. De toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking voor opwarming na eventuele nachtverlaging of bedrijfsbeperking.

De methode sluit aan bij de Europese norm NEN-EN 12831-1 [5].

In deze methode wordt rekening gehouden met gebouwen met een geringe warmtevraag en met ltv-systemen. Qua terminologie en maatvoering wordt aangesloten bij het Bouwbesluit. Qua symbolen en indices wordt aangesloten bij NEN-EN 12831-1.

De rekenmethodiek wordt toegelicht aan de hand van een tweetal voorbeelden.





# Afkortingen

EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt.
HR	Hoog rendement.
HT	Hoge temperatuur.
HTV	Hoge temperatuur verwarming.
LT	Lage temperatuur.
LTV	Lage temperatuur verwarming.
NEN	Nederlands Normalisatie Instituut.
PMV	Predicted Mean Vote.
WTW	Warmteterugwinning.



# Symbolenlijst

Symbol	Omschrijving	Eenheid
$\alpha$	coëfficiënt, afhankelijk van de lichtsnelheid	[-]
$A_i$	oppervlakte van het betreffende vlak	[m <sup>2</sup> ]
$A_k$	oppervlak van de uitwendige scheidingsconstructies	[m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{totaal}}$	totaal oppervlak van het verblijfsgebied	[m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{vl}}$	vloeroppervlak	[m <sup>2</sup> ]
$B$	breedte van het gebouw	[m]
$B'$	geometrische factor	[m]
$C_1, C_2$	constante	[-]
$C_{\text{eff}}$	effectieve opslagcapaciteit van het gebouw	[Wh/K]
$c_{\text{eff}}$	specifieke effectieve opslagcapaciteit van het gebouw	[Wh/(K·m <sup>3</sup> )]
$c_p$	soortelijke warmte	[J/(kg·K)]
$d_i$	thermisch effectieve dikte	[m]
$f_{\text{gw}}$	grondwaterfactor	[-]
$f_{g2}$	correctiefactor voor afwijkend temperatuurverschil tussen ontwerpbinrentemperatuur en ontwerpbutentemperatuur resp. jaargemiddelde butentemperatuur	[-]
$f_{i,k}$	correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerpbinrentemperatuur en temperatuur aangrenzende ruimte	[-]
$f_{\text{jaar}}$	invloedfactor voor de leeftijd van het gebouw	[-]
$f_k$	correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerpbinrentemperatuur en ontwerpbutentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte	[-]
$f_{\text{typ}}$	invloedfactor voor gebouwtype/licging	[-]
$f_v$	correctiefactor voor inblaastemperaturen hoger dan de butentemperatuur	[-]
$f_{\text{wm}}$	reductiefactor om bij wanden/vloer/plafond en met isolerende deklagen de verminderde warmte-indringing in rekening te brengen	[-]
$h_i$	warmteovergangscoëfficiënt aan de binnenzijde	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$h_e$	warmteovergangscoëfficiënt aan de butenzijde	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$h_{\text{sp}}$	warmteovergangscoëfficiënt in de spouw	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$h$	hoogte van het gebouw	[m]
$H$	specifieke warmteverlies	[W/K]
$H_{T,iaBE}$	specifiek warmteverlies naar aangrenzende panden	[W/K]
$H_{T,iae}$	specifiek warmteverlies naar de butenlucht via aangrenzende onverwarmde ruimten	[W/K]
$H_{T,ie}$	specifiek warmteverlies naar de butenlucht	[W/K]
$H_{T,ig}$	specifiek warmteverlies naar de bodem	[W/K]
$H_v$	specifiek warmteverlies door butenluchttoetreding	[W/K]

<b>Symbol</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Eenheid</b>
$H_i$	specifiek warmteverlies t.g.v. infiltratie	[W/K]
$H_v$	specifiek warmteverlies t.g.v. ventilatie	[W/K]
$k_t$	hellingshoek	[K/h]
$L$	lengte van het gebouw	[m]
$n_v$	aantal luchtwisselingen	[1/h]
$O$	omtrek van de vloer	[m]
$P$	specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking	[W/m <sup>2</sup> ]
$q_i$	volumestroom ventilatielucht	[m <sup>3</sup> /s]
$q_{is}$	luchtvolumestroom infiltratie per vierkante meter uitwendige scheidingsconstructie	[m <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> ]
$q_{i,spec,teken}$	specifieke luchtvolumestroom infiltratie	[dm <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> ]
$q_{v10,spec}$	specifieke luchtvolumestroom bij een drukverschil van 10 Pa	[dm <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> ]
$R_c$	warmteweerstand van de constructie	[m <sup>2</sup> ·K/W]
$R_e$	warmteovergangswaarde aan het buitenoppervlak	[m <sup>2</sup> ·K/W]
$R_i$	warmteovergangswaarde aan het binnenoppervlak	[m <sup>2</sup> ·K/W]
$R_T$	totale warmteovergangswaarde	[m <sup>2</sup> ·K/W]
$U_{equiv,k}$	equivalente warmtedoorgangscoefficiënt	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$U_k$	warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$U_T$	warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie zonder correctie	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$v$	snelheid	[m/s]
$V$	volume	[-]
$z$	diepte vloer onder maaiveld	[m]
$\alpha$	percentage uit te schakelen mechanische toevoer van ventilatielucht bij nachtbedrijf	[-]
$\Delta U$	toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingsmiddelen, omgekeerde daken en bouwkwaliteit	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$\Delta U_{TB}$	toeslag voor thermische bruggen	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$\Delta \theta_{e,0}$	basistemperatuur	[K]
$\Delta \theta_{e,\tau}$	temperatuurcorrectie in verband met de tijdconstante van het gebouw	[K]
$\Delta \theta_1$	temperatuurcorrectie aan het plafond door temperatuurgradiënt	[K]
$\Delta \theta_{a1}$	temperatuurcorrectie aan het plafond door temperatuurgradiënt in aangrenzende ruimte	[K]
$\Delta \theta_2$	temperatuurcorrectie bij de vloer door temperatuurgradiënt	[K]
$\Delta \theta_{a2}$	temperatuurcorrectie bij de vloer door temperatuurgradiënt in aangrenzende ruimte	[K]
$\Delta \theta_v$	temperatuurcorrectie voor lagere luchttemperatuur bij stralingsverwarming	[K]
$\rho$	dichtheid van het materiaal	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\theta_{afz}$	temperatuur van afgezogen lucht na het klimaatruimte	[°C]
$\theta_b$	binnentemperatuur van het aangrenzende gebouw	[°C]
$\theta_i$	ontwerp binnentemperatuur	[°C]

Symbol	Omschrijving	Eenheid
$\theta_e$	ontwerpbuitentemperatuur	[°C]
$\theta_{e,0}$	basisontwerpbuitentemperatuur	[°C]
$\theta_l$	luchttemperatuur	[°C]
$\theta_{me}$	jaarlijks gemiddelde buitentemperatuur (= 9 °C)	[°C]
$\theta_o$	operatieve temperatuur	[°C]
$\theta_s$	gemiddelde stralingstemperatuur	[°C]
$\tau$	tijdconstante bepaald conform paragraaf 2.6.1	[h]
$\varphi_{hu,i}$	specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking	[W/m <sup>2</sup> ]
$\Phi_{add,i}$	systeemverliezen	[W]
$\Phi_{gain,i}$	warmtewinst onder ontwerpcondities	[W]
$\Phi_{hu,i}$	som van de gelijktijdig optredende toeslagen voor bedrijfsbeperking	[W]
$\Phi_{HL,Build}$	warmteverlies van een gebouw	[W]
$\Phi_{HL,i}$	warmteverlies van een vertrek	[W]
$\Phi_i$	toe te rekenen warmteverlies door infiltratie	[W]
$\Phi_i^l$	warmteverlies door infiltratie	[W]
$\Phi_{leid}$	warmteverlies van leidingen/kanalen in onverwarmde ruimten	[W]
$\Phi_{T,iaBE}$	ontwerpwarmteverlies naar aangrenzend pand	[W]
$\Phi_{T,iae}$	ontwerpwarmteverlies naar onverwarmde aangrenzende ruimten	[W]
$\Phi_{T,ie}$	ontwerpwarmteverlies naar buitenlucht	[W]
$\Phi_{T,ig}$	ontwerpwarmteverlies naar de bodem	[W]
$\Phi_{op}$	toeslag voor bedrijfsbeperking	[W]
$\Phi_{source}$	aansluitvermogen van een gebouw met een individuele installatie	[W]
$\Phi_{V,build}$	warmteverlies door buitenluchttoetreding	[W]
$\Phi_{vent}$	warmteverlies t.g.v. ventilatie	[W]
$\Phi_{vv}$	vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht	[W]
$\Phi_{V,i}$	warmteverlies door buitenluchttoetreding	[W]



# Begrippenlijst

**Bedrijfstijd**

Tijd waarin de installatie in bedrijf is.

**Bedrijfsbeperking**

Het buiten werktijd verlagen van de binnentemperatuur.

**Bijeenkomstfunctie**

Gebruiksfunctie voor het samenkomen van mensen voor kunst, cultuur, godsdienst, communicatie, kinderopvang, het verstrekken van consumpties voor het gebruik ter plaatse en het aanschouwen van sport (bijvoorbeeld zalen van een congrescentrum, kerk, wijkcentrum, museum, bioscoopzaal, etc.).

**Celfunctie**

Gebruiksfunctie voor dwangverblijf van mensen (bijvoorbeeld gevangenis, politiecel, kamers in tehuis voor dwangverpleging, etc.).

**Comforttemperatuur**

Temperatuur waarbij geldt  $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$ .

**EPC**

Energie Prestatie Coëfficiënt bepaald volgens NEN 7120 [14].

**Gebouwhoogte**

De hoogte, afgerond in meters, boven het maaiveld van de hoogst gelegen verdiepingsvloer waarop een verblijfsgebied is gesitueerd.

**Gezondheidszorgfunctie**

Gebruiksfunctie voor medisch onderzoek, verpleging, verzorging of behandeling (bijvoorbeeld de behandel- en verpleegafdelingen van een ziekenhuis, een verzorgingstehuis, praktijkruimte van huisarts of tandarts).

**Industriefunctie**

Gebruiksfunctie voor bedrijfsmatig verwerken of opslaan van materialen of goederen, of voor agrarische doeleinden (bijvoorbeeld montagehal, werkplaats of het magazijn van een fabriek, de opslagruimte in een pakhuis of een stal van een boerderij).

**Kantoorfunctie**

Gebruiksfunctie voor administratie (bijvoorbeeld ruimten in een gemeentehuis, accountantskantoor, bankgebouw).

**Logiesfuncties**

Gebruiksfunctie voor het bieden van recreatief verblijf of tijdelijk onderdak aan mensen (zomerhuisje, kamers in een hotel, pension of jeugdherberg, etc.).

## Onderwijsfunctie

Gebruiksfunctie bestemd voor het geven van onderwijs (bijvoorbeeld school).

## Ontwerpbinnetemperatuur

De operationele temperatuur behorende bij PMV = 0.

## Operatieve temperatuur

Deze is gedefinieerd als:

$$\theta_o = \alpha \cdot \theta_1 + (1 - \alpha) \cdot \theta_s \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Waarin:

$\theta_o$  = operatieve temperatuur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_1$  = luchttemperatuur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_s$  = gemiddelde stralingstemperatuur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\alpha$  = coëfficiënt, afhankelijk van de lichtsnelheid [-]

## Optimaliserende regelaar

Regeling waarbij de ingestelde comforttemperatuur automatisch bereikt wordt op het moment dat de werktijd begint en de comforttemperatuur gedurende de werktijd gehandhaafd wordt (de regelaar bepaalt zelfstandig de tijdsduur en grootte van de bedrijfsbeperking).

## Opwarmtijd

De tijd vanaf het moment van inschakelen van de installatie na een periode van bedrijfsbeperking tot het moment dat de temperatuur behorende bij PMV = -0,5 bereikt is en de bedrijfstijd begint.

## PMV

(Predicted Mean Vote) gemiddelde voorspelde waardering van het binnenklimaat op basis van de methode van Fanger [13].

## Sportfunctie

Gebruiksfunctie voor het beoefenen van sport (bijvoorbeeld sporthal, gymzaal, fitnessruimte en zwembad).

## Te leveren verwarmingsvermogen

De hoeveelheid warmte die aan een vertrek moet worden toegevoerd om dit op temperatuur te houden of te brengen na een periode van bedrijfsbeperking. Voor het bepalen van het opwekkervermogen moet nog gedeeld worden door het opwekkerrendement.

## Thermische brug

Gedeelte van de uitwendige scheidingsconstructie waar het normale eendimensionale karakter van de warmtestroom significant wijzigt door:

1. Gehele of gedeeltelijke doorbreking van de gebouwschil door materialen met verschillende warmtegeleidingscoëfficiënt;
2. En/of dikteverandering in de bouwschil;



3. En/of aansluitingen tussen verschillende scheidingsconstructies, zoals wanden, vloeren en plafonds.

**Verblijfsgebied**

Gedeelte van een gebruiksfunctie met tenminste een verkeersruimte, bestaande uit een of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aan elkaar grenzende ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte, een technische ruimte of een verkeersruimte.

**Verblijfsruimte**

Ruimte voor het verblijven van mensen, dan wel een ruimte waarin de voor een gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten plaatsvinden.

**Verlaagd plafond; thermisch gesloten**

De ruimte tussen het verlaagde plafond en het bouwkundige plafond doet vrijwel niet mee met de warmteaccumulatie. Bij het bepalen van de inhoud wordt het verlaagde plafond als het plafond beschouwd. Hierbij wordt de inwendige maat als de hoogte gedefinieerd.

**Verlaagd plafond; thermisch open**

Bij een thermisch open plafond doet de ruimte tussen het verlaagde plafond en het bouwkundige plafond mee met de warmteaccumulatie. Een verlaagd plafond wordt als thermisch open beschouwd indien de vrije doorlaat zodanig is dat een luchtstroom in de plafondspouw ontstaat. De vrije doorlaat moet hiervoor 20% of meer bedragen. Het verlaagde plafond wordt dus verwaarloosd.

**Verkeersruimte**

Ruimte bestemd voor het bereiken van een andere ruimte (bijvoorbeeld gang).

**Vloer-/wand- of plafondverwarming als hoofdverwarming**

De gehele ruimte wordt verwarmd met vloer-, wand- of plafondverwarming en er is geen ander verwarmingssysteem (bijv. radiatoren) aanwezig.

**Werktijd**

Tijd waarin de ontwerpbinrentemperatuur gerealiseerd moet zijn; echter in de opwarmfase mag  $PMV < 0$ , doch moet groter dan -0,5 zijn.



# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

### Historie en ontwikkeling bouwmethodiek

De eerste versie van de warmteverliesberekening (NEN 5066) werd uitgegeven in 1992, maar de werkzaamheden om tot deze norm te komen waren al in het begin van de jaren tachtig van de vorige eeuw begonnen. In die tijd was de isolatiegraad in het algemeen gering en was de luchtdichtheid van gebouwen slecht. Dit maakte een berekeningsmethode noodzakelijk die een aantal veiligheden bevatte om ervoor te zorgen dat altijd voldoende vermogen aanwezig is om de gewenste temperatuur te kunnen handhaven of in korte tijd te kunnen bereiken. Met de in het Bouwbesluit geëiste isolatie en luchtdichtheid daalt de temperatuur in de ruimte minder snel en minder ver als in een slecht geïsoleerd gebouw. Daardoor is het niet meer noodzakelijk erg ruim te dimensioneren om onzekerheden over de thermische kwaliteit te kunnen compenseren. Overdimensionering staat ook de toepassing van laagtemperatuurverwarming (ltv) of energiezuinige opwekkingsmethoden (bijv. warmtepompen) in de weg en kan regelproblemen veroorzaken.

### Toepassingsgebied

Deze ISSO-publicatie is primair gericht op het uitvoeren van een warmteverliesberekening voor nieuwbouw utiliteitsgebouwen en bevat de hiervoor benodigde formules en de te hanteren basisgegevens. Onder nieuwbouw wordt verstaan gebouwen die in of na 2012 gebouwd zijn of die na een verbouwing voldoen aan de nieuwe eisen van het Bouwbesluit [8]. Voor gebouwen die vóór 2012 zijn gebouwd zijn richtlijnen gegeven. In deze ISSO-publicatie is de in het Bouwbesluit geëiste terminologie overgenomen. Ook voor lagetemperatuurverwarmingssystemen (ltv-systemen) worden op een aantal plaatsen aangepaste richtwaarden gegeven.

De methode is van toepassing voor het bepalen van het warmteverlies van utiliteitsgebouwen met een vertrekhoogte van maximaal vier meter. Voor hogere vertrekken wordt verwezen naar ISSO-publicatie 57. Uitgegaan wordt van gelijktijdige verwarming van alle vertrekken. Behalve de methode voor het bepalen van het warmteverlies per vertrek wordt ook beschreven hoe het vermogen van de, al dan niet collectieve, warmteopwekker bepaald moet worden. De methode voor de berekening per vertrek is gebaseerd op de ontwerp NEN-EN 12831-1 [5].

Deze ISSO-publicatie bevat ten behoeve van het voorontwerp een vereenvoudigde berekeningsmethodiek (schilmethode) om het te installeren vermogen te bepalen.

Ten behoeve van het definitieve ontwerp voorziet deze ISSO-publicatie in het:

1. Bepalen van het per vertrek te installeren vermogen;
2. Bepalen van het vermogen van de warmteopwekker (ketel, warmtepomp, etc.) c.q. het aandeel in de collectieve warmteopwekker.

Het totale per vertrek te installeren vermogen bestaat uit het transmissiewarmteverlies, het warmteverlies ten gevolge van infiltratie en ventilatie en in een aantal gevallen een toeslag voor bedrijfsbeperking. Deze berekeningsmethode bepaalt niet de warmtebehoefte van ruimtedelen maar van het vertrek als geheel. Het verdelen van het totaal benodigde vermogen over een ruimte is systeemafhankelijk en wordt behandeld bij desbetreffende

systemen (ISSO-publicatie 58 voor luchtverwarming [7], ISSO-publicatie 49 voor vloer- en wandverwarming [9] en ISSO-publicatie 66 voor radiatoren/convectoren [16]).

Bij het bepalen van het vermogen van de warmteopwekker wordt onderscheid gemaakt in het bepalen van de bijdrage van een gebouw aan een collectieve installatie en het bepalen van de voor het gebouw optredende maximale warmtevraag.

De voorliggende berekeningsmethode is ontwikkeld voor utiliteitsgebouwen. Voor woningen en woongebouwen wordt verwezen naar ISSO-publicatie 51 [3]. De methode voor ruimten hoger dan vier meter wordt behandeld in ISSO-publicatie 57 [4].

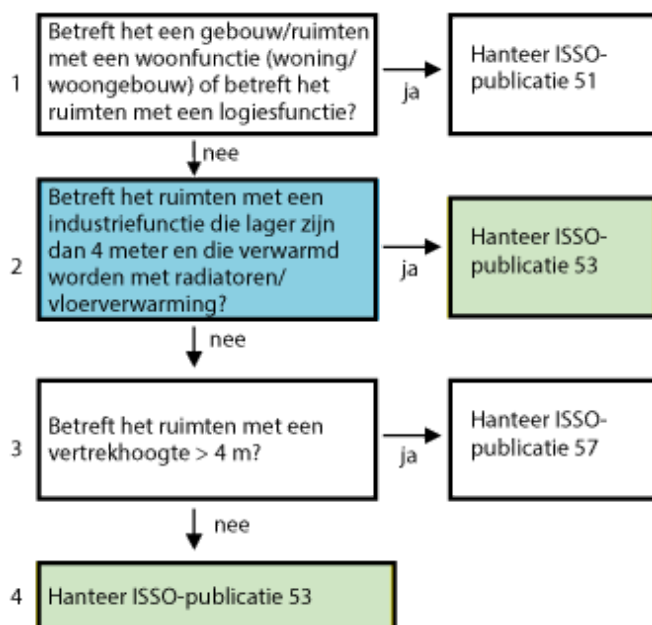
### Belangrijkste wijzigingen

De belangrijkste wijzigingen in de 2016-versie van de warmteverliesberekening betreffen de volgende punten:

1. Aanpassing van de ontwerp buitentemperatuur. Deze wordt afhankelijk van de tijdconstante van het gebouw;
2. Aanpassen van de methode voor het bepalen van het warmteverlies door de begane grondvloer;
3. Aanpassen van de berekening van de infiltratie voor bestaande bouw;
4. Aanpassing van de methodiek en symbolen aan de NEN-EN 12831-1;
5. Aanpassing van het bepalen van de toeslag voor bedrijfsbeperking.

### Warmteverliesberekeningspublicaties

Afbeelding 1.1 geeft aan welke ISSO-publicatie voor het bepalen van het warmteverlies van een gebouw gebruikt moet worden.



Afb. 1.1 Keuze methodiek

Bij utiliteitsgebouwen waarin zowel vertrekken met een vertrekhoogte kleiner dan 4 m als groter dan 4 meter voorkomen moeten de vertrekken met een vertrekhoogte groter dan 4 meter uitgerekend worden met ISSO-publicatie 57 en de overige vertrekken met ISSO-publicatie 53. Voor het bepalen van de grootte van de warmteopwekker kan dan weer ISSO-publicatie 53 gebruikt worden.

Toelichting bij de verschillende keuzes:

1. Betreft het een woning/woongebouw of logiesfunctie?  
 Woonfunctie: gebruiksfunctie voor het wonen.  
 Woongebouw: gebouw of gedeelte daarvan met uitsluitend woonfuncties of nevenfuncties daarvan, waarin meer dan een woonfunctie ligt die is aangewezen op een gemeenschappelijke verkeersroute.  
 Logiesfunctie: gebruiksfunctie voor het bieden van recreatief verblijf of tijdelijk onderdak aan mensen (zomerhuisje, kamers in een hotel, pension of jeugdherberg, etc.).  
 Opmerking: hieronder vallen geen gevangenissen (cellen); wel vallen wooneenheden voor bejaarden hieronder;
2. Betreft het ruimten met een industriefunctie die lager zijn dan 4 meter en die verwarmd worden met radiatoren?  
 Industriefunctie: gebruiksfunctie voor bedrijfsmatig verwerken of opslaan van materialen of goederen, of voor agrarische doeleinden (bijvoorbeeld montagehal, werkplaats of het magazijn van een fabriek, de opslagruimte in een pakhuis of een stal van een boerderij);
3. Betreft het ruimten met een vertrekhoogte > 4 m?  
 Ruimten met een hoogte > 4 meter moeten apart beschouwd worden; veelal hebben deze ruimten een groter verticaal temperatuurverschil en/of andere verwarmingssystemen dan de ruimten met een beperkte hoogte ( $\leq 4$  m);
4. Hieronder vallen utiliteitsgebouwen met vertrekhoogten lager dan 4 m.  
 Dit zijn ruimten met de in het Bouwbesluit gedefinieerde gebruiksfuncties: bijeenkomstfunctie, celfunctie, gezondheidszorgfunctie, kantoorfunctie, onderwijsfunctie, sportfunctie en/of winkelfunctie.

### Tabel 1.1 Voorbeelden

Functie/soort gebouw		ISSO- publicatie 51	ISSO- publicatie 53	ISSO- publicatie 57
Kantoorfunctie	Ruimten $\leq 4$ m		x	
	Ruimten $> 4$ m			x
Woonfunctie/ gezondheidszorgfunctie	Wooneenheden	x		
	Zusterpost		x	
	Restaurant/kantine		x	
Logiesfunctie	Hotel		x	
Winkelfunctie	Winkelgedeelte $\leq 4$ m		x	
	Winkelgedeelte $> 4$ m			x
	Magazijn/opslag en ruimten $> 4$ m			x
	Bloemenveiling/ tuincentrum			x
	Bouwmarkten met een hoogte $> 4$ meter			x
	Restaurant/kantine		x	
Garagebedrijf	Werkplaats			x
	Magazijn			x
Industriefunctie	Laboratorium ( $> 4$ m)			x
	Scheepswerf			x
	Assemblageruimte			x

## 1.2 Hoe aan de slag?

Afhankelijk van het doel van het bepalen van de warmtebehoefte moet een andere weg gevolgd worden.

De verschillende methoden worden hieronder kort toegelicht.

### Schilberekening

Deze methode is bedoeld voor het snel bepalen van de warmtebehoefte van een gebouw ten behoeve van bijvoorbeeld de grootte van de opwekker tijdens het voorontwerp/haalbaarheidsstudie. Hierbij wordt het gebouw als één groot vertrek gezien en worden de verliezen door transmissie, buitenluchttoetreding en eventueel een toeslag voor bedrijfsbeperking bepaald. Deze is opgenomen in hoofdstuk 3.

### Berekening per vertrek

Deze methode is bedoeld voor het bepalen van het door de verwarming af te geven vermogen in een vertrek bijvoorbeeld voor de dimensionering van de verwarmingslichamen of het aan de vertrekzijde af te geven vermogen van vloer- en/of wandverwarming. Deze methode is tevens de basis voor het nauwkeurig bepalen van de grootte van de warmteopwekker.

Deze methode is gegeven in hoofdstuk 4 en wordt toegelicht in hoofdstuk 6.

**Algemene uitgangspunten en achtergronden**

De achtergronden en uitgangspunten bij de warmteverliesberekening vindt men in hoofdstuk 2.

Voor met de berekeningen begonnen kan worden moeten eerst de benodigde gegevens op het vraagspecificatieblad (bijlage A) zijn ingevuld. Voor de bepaling van U-waarden wordt verwezen naar NEN 1068 [1] en/of het ISSO-kleintje U- en  $R_c$ -waarden [2].





## 2 Uitgangspunten en definities

### 2.1 Uitgangspunten

Het toepassingsgebied van ISSO-publicatie 53 is utiliteitsgebouwen met een maximale vertrekhoogte van vier meter. Voor ruimten hoger dan vier meter wordt de methode gegeven in ISSO-publicatie 57 [4].

De warmteverliesberekening bepaalt het vermogen dat onder ontwerpcondities nodig is om een gebouw of vertrek op temperatuur te houden of na een periode van bedrijfsbeperking (nachtverlaging) weer binnen een redelijke termijn op temperatuur te brengen.

In paragraaf 2.5 wordt ingegaan op het bepalen van de ontwerpbinnencondities. Paragraaf 2.6 geeft de methode voor het bepalen van de ontwerpbuitencondities.

De warmteverliesberekening is samengesteld uit een viertal componenten:

1. Warmteverlies door transmissie;
2. Warmteverlies door buitenluchttoetreding;
3. Toeslag voor discontinu gebruik;
4. Reductie door constant aanwezige interne warmtelasten.

De toeslag voor discontinu gebruik is optioneel en moet in overleg met de opdrachtgever worden vastgesteld. Voor utiliteitsgebouwen is de reductie door constant aanwezige interne warmtelasten meestal gelijk aan nul.

#### **Toelichting op het warmteverlies door transmissie**

De transmissieberekening berekent hoeveel warmte, vanuit het vertrek gezien, moet worden toegevoerd om het warmteverlies door wanden, vloer en plafond te compenseren. 'Vanuit het vertrek gezien' wil zeggen dat er geen warmteverlies optreedt door verwarmde delen als bijvoorbeeld vloerverwarming, wandverwarming of betonkernactivering (deze oppervlakken hebben een temperatuur die gelijk aan of hoger is dan de vertrektemperatuur). De warmteverliesberekening bepaalt hoeveel warmte deze systemen aan de vertrekzijde moeten afgeven. Dit is dus niet gelijk aan het totale vermogen van de vloerverwarming, wandverwarming of betonkernactivering. Het aan de andere zijde afgegeven vermogen wordt wel in rekening gebracht bij de dimensionering van de warmteopwekker (warmteafgifte van bijvoorbeeld vloerverwarming aan de kruipruimte/ondergrond is warmteverlies van het vloerverwarmingssysteem en moet wel door de warmteopwekker geleverd worden).

#### **Toelichting bij het warmteverlies door buitenluchttoetreding**

Lucht die in het vertrek komt met een lagere temperatuur dan de vertrektemperatuur moet opgewarmd worden tot de vertrektemperatuur. Hiervoor is vermogen nodig.

De buitenluchttoetreding bestaat uit twee componenten:

1. Infiltratie d.w.z. de lucht die toetreedt door kieren en naden (is er altijd en voor alle niet inpandige ruimten);
2. Ventilatie d.w.z. de lucht die toetreedt door daarvoor aangebrachte voorzieningen (bijvoorbeeld mechanische toevoer of toevoer door roosters boven het raam).

De infiltratielucht heeft voor de warmteverliesberekening altijd de ontwerp-buitentemperatuur.

Bij ventilatielucht zijn er veel verschillen. Bij systemen met een toevoerrooster in de gevel heeft de ventilatielucht altijd de ontwerp-buitentemperatuur. Dit geldt ook voor andere systemen tenzij er sprake is van een WTW-voorziening of (elektrische) voorverwarming.

Bij vraaggestuurde systemen moet voor de warmteverliesberekening per vertrek altijd de ontwerpwaarde (= maximumwaarde) worden aangehouden. Vraagsturing betreft een reductie van de lucht volumestroom gedurende een deel van de tijd en heeft dus alleen invloed op het energiegebruik en niet de maximale warmtebehoefte. De gemeten luchtkwaliteit ( $\text{CO}_2$ -percentage) bepaalt de mate van reductie. Op gebouwniveau bij de bepaling van het benodigde vermogen kan wel een reductie optreden.

Bij systemen met WTW is de in rekening te brengen temperatuur bij de buitenluchttoetreding afhankelijk van de manier van vorstbeveiliging van de unit. Bij units die de buitenlucht voorverwarmen en normaal in bedrijf blijven bij vorst mag gerekend worden met de inblaastemperatuur na de WTW (berekend met het rendement van de WTW). Bij units die gedeeltelijk of geheel dichtvriezen en die een onbalans in toe- en afvoer krijgen mogen niet rekenen met enig rendement van de WTW. Door de onbalans wordt meer lucht afgezogen dan wordt toegevoerd. Het debiet dat te weinig wordt toegevoerd (verschil tussen toe- en afvoer) wordt via kieren, naden etc. aangezogen en heeft dus gewoon de buitentemperatuur. WTW heeft in deze situaties wel invloed op het jaarlijks energiegebruik, maar niet op het benodigde vermogen voor ventilatielucht onder ontwerpcondities.

Spuiventilatie is in het algemeen kortstondig en wordt bij de warmteverliesberekening niet meegenomen.

### Gelijkwaardigheidsverklaringen

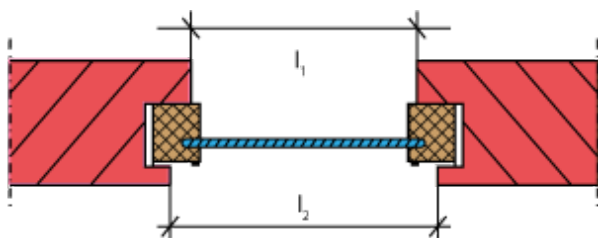
Voor verschillende ventilatiesystemen zijn gelijkwaardigheidsverklaringen t.b.v. de EPC-berekening afgegeven. Deze verklaringen hebben betrekking op een verlaging van het jaarlijkse energiegebruik. Voor het per vertrek op te stellen vermogen hebben systemen met gelijkwaardigheidsverklaringen geen reductie tot gevolg. Wel kunnen deze systemen invloed hebben op het vermogen van de warmteopwekker.

## 2.2 Bepaling oppervlakte A van een vlak ten behoeve van transmissieberekening en tijdconstante

### Schilmethode

Voor de bepaling van de afmetingen moet worden uitgegaan van de buitenafmetingen (afmetingen  $l_3$  en  $h_5$ ) bij rechthoekige vertrekken en  $l_5$  en  $h_7$  bij hellende/schuine vlakken (zie afbeelding 2.2).

Voor ramen en deuren (inclusief kozijn) moet worden uitgegaan van het grootste oppervlak van binnen of buiten gezien (afmeting  $l_2$  in afbeelding 2.1).



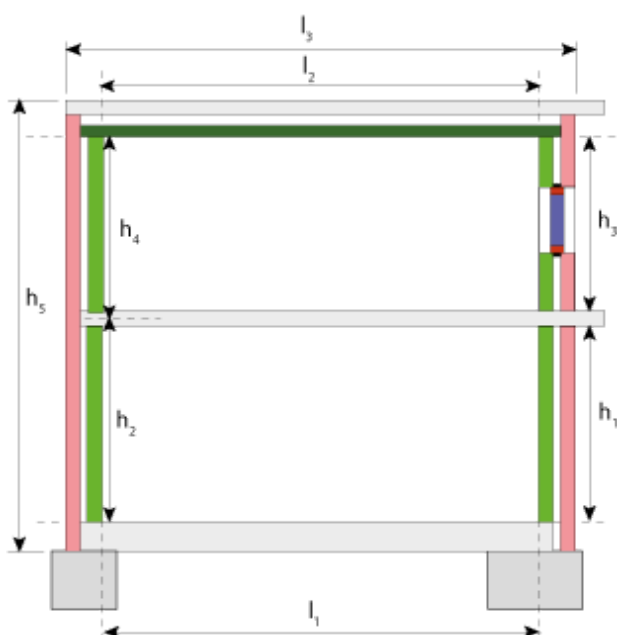
Afb. 2.1 Toelichting bepaling afmetingen raam/deur

### Vertrekmethode

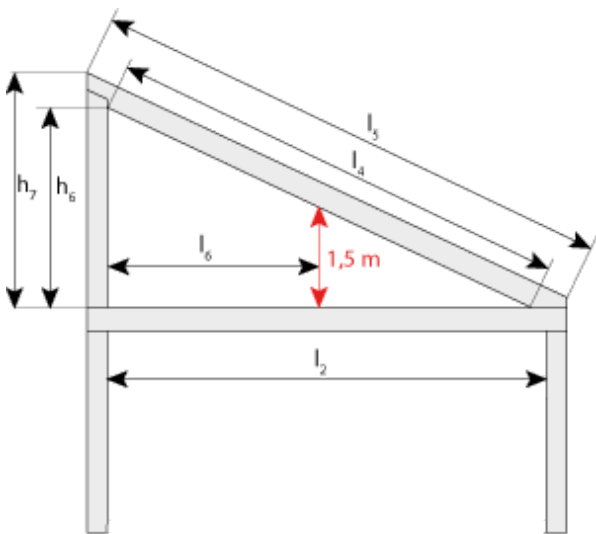
De oppervlakte van een vlak wordt berekend uit de afmetingen zoals die gedefinieerd zijn in NEN 2580 [10]. Voor vlakke wanden en schuine daken zie ook afbeelding 2.3.

De belangrijkste definities zijn:

1. Bij vloeren geldt dat uitgegaan wordt van de binnenafmetingen (afmeting  $l_2$ );
2. Bij verticale wanden is de maat afhankelijk van de constructie:
  1. Bij een door de wand heenlopende vloer wordt de maat genomen tot de vloer (binnenmaat; afmeting  $h_1$ );
  2. Bij een niet door de wand lopende vloer wordt de halve vloerdikte bij de bepaling van de hoogte meegenomen (afmeting  $h_2$ ).
3. Bij schuine wanden/daken wordt bij de hoogte uitgegaan van de binnenafmetingen ( $l_4$  en  $h_6$ );
4. Bij aansluiting van wanden via een kolom wordt uitgegaan van de binnenafmetingen ( $l_7$ ).

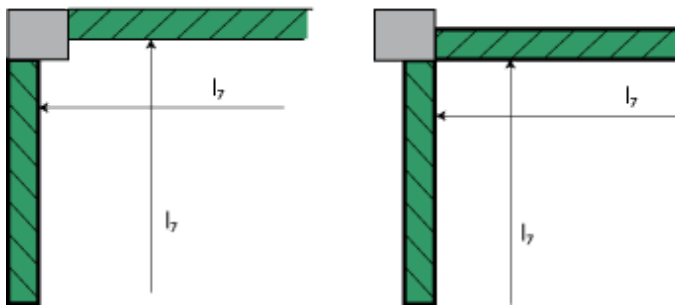


Afb. 2.2 Toelichting bij bepaling van de afmetingen



Afb. 2.3 Toelichting bij bepaling van de afmetingen bij schuine daken

Bovenaanzicht bij wandaansluitingen met een kolom:



Afb. 2.4 Toelichting bij bepaling van de afmetingen bij toepassing van kolommen

## 2.3 Bepaling van of het oppervlak of de inhoud van een gebouw/ruimte bij het bepalen van de tijdconstante van een gebouw of voor ventilatieberekeningen

### Tijdconstante

Bij het bepalen van de inhoud van een gebouw ten behoeve van de bepaling van de tijdconstante van een gebouw moet worden uitgegaan van de buitenafmetingen.

### Ventilatieberekeningen

Bij het bepalen van het vloeroppervlak ten behoeve van het bepalen van de vereiste hoeveelheid ventilatie moet worden uitgegaan van het gebruiksoppervlak waarbij de hoogte minimaal 1,5 meter is. Bij rechthoekige ruimten moet worden uitgegaan van afmeting  $l_2$ ; bij schuine daken moet worden uitgegaan van afmeting  $l_6$ .

Bij het bepalen van de afmetingen ten behoeve van het bepalen van de hoeveelheid infiltratie moet worden uitgegaan van de binnenafmetingen. Bij schuine daken betreft dit de afmetingen  $l_4$  en  $h_6$ .

Bij het bepalen van de inhoud van een rechthoekige ruimte moet uitgegaan worden van de binnenafmetingen van een ruimte (afmetingen  $l_2$  en  $h_1$ ); bij een schilberekening moet uitgegaan worden van de afmetingen binnen de gebouwschil (incl. eventuele tussenvloeren en/of binnenwanden; afmetingen  $l_3$  en  $h_5$ ). Bij het bepalen van de inhoud van ruimten met een schuin dak moet worden uitgegaan van de lengte in het gebied hoger dan 1,5 m (afmeting  $l_6$ ) en de gemiddelde hoogte ( $0,5 \cdot (h_6 + 1,5)$ ).

## 2.4 Bepaling U-waarde

### Niet-transparante delen

Indien de gemiddelde U-waarde van een constructie  $U$  niet bekend is moet deze worden bepaald volgens NEN 1068 [1]. Voor het bepalen van de U-waarden van constructies kan gebruik gemaakt worden van het ISSO-kleintje  $U$ - en  $R_c$ -waarden van bouwkundige constructies [2].

Indien de warmteweerstand van een constructie ( $R_c$ ) bekend is moet de U-waarde berekend worden uit de  $R_c$ -waarde met behulp van formule 2.2 voor constructies grenzend aan de

buitenlucht of formule 2.3 voor constructies die niet grenzen aan de buitenlucht. De U-waarde voor nieuwe materialen behoeft een correctie voor praktisch gebruik (invloed van bevestigingsmiddelen, veroudering, vocht, vervuiling etc.):

$$U = U_T + \Delta U \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.1)$$

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_c + R_e} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.2)$$

of

$$U_T = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_c + R_i} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2.3)$$

Waarin:

$R_i$  = warmteovergangsweerstand aan het binnenoppervlak = 0,13 [m<sup>2</sup>·K/W]

$R_c$  = warmteweerstand van de constructie [m<sup>2</sup>·K/W]

$R_e$  = warmteovergangsweerstand aan het buitenoppervlak = 0,04 [m<sup>2</sup>·K/W]

$R_T$  = totale warmteovergangsweerstand [m<sup>2</sup>·K/W]

$U$  = warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$U_T$  = warmtedoorgangscoefficiënt van de constructie zonder correctie [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$\Delta$  = toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingsmiddelen, omgekeerde daken en [W/(m<sup>2</sup>·K)]  
 $U$  = bouwqualiteit (zie NEN 1068 of bijlage E)

### Transparante delen

Bij het bepalen van de U-waarde van raamsystemen kan niet volstaan worden met de U-waarde van de beglazing. Met name bij zeer goed isolerende beglazing moet de invloed van het (in het algemeen slechter geïsoleerde) kozijn in de berekening betrokken worden. Het bepalen van de warmtedoorgangscoefficiënt van ramen en deuren moet geschieden conform NEN 1068 (zie ook bijlage B).

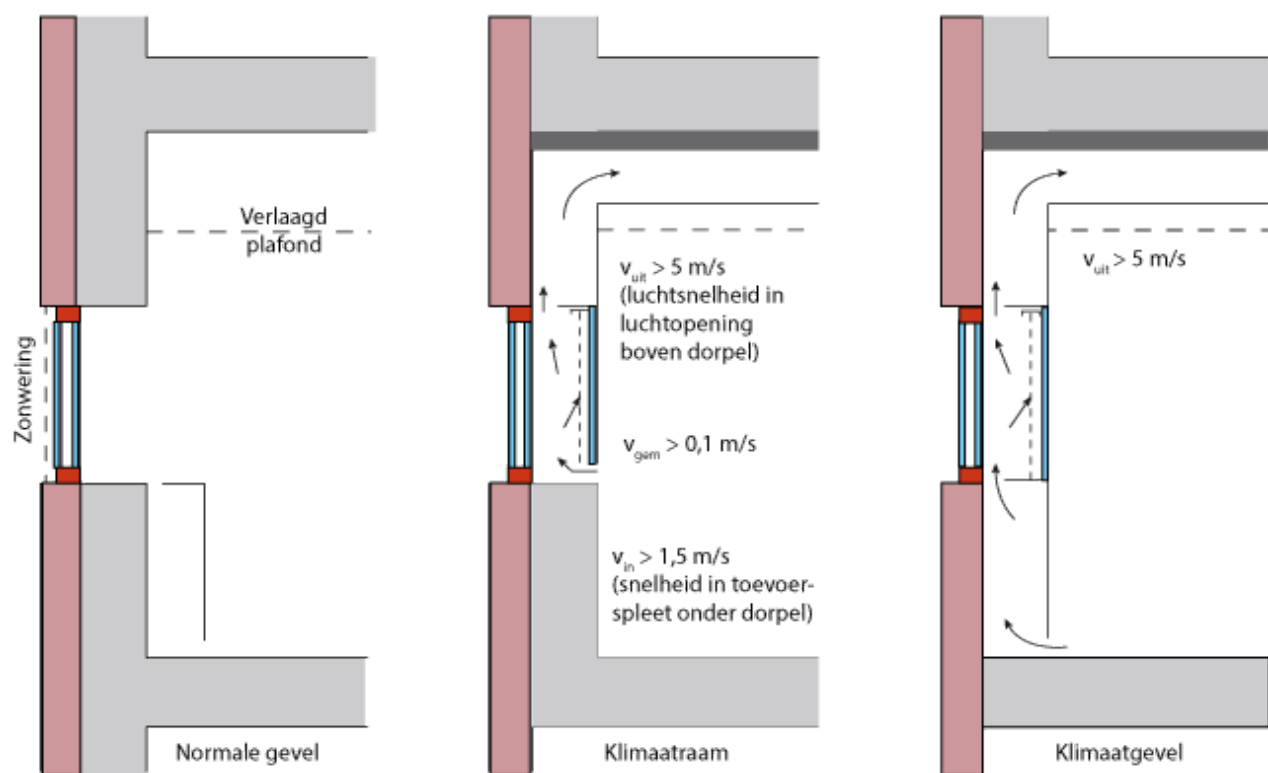
### Klimaatgevels/klimaatramen

Een klimaatgevel wordt tijdens het dagbedrijf wanneer door de spouw afgezogen wordt, gekenmerkt door een warmtestroom van het vertrek naar de gevelspouw die bepalend is voor het warmteverlies van het vertrek zelf. Afbeelding 2.5 geeft de doorsnede van een gewone gevel met een raam van dubbelglas met buitenzonwering en twee voorbeelden van klimaatramen. Het warmteverlies van het vertrek wordt berekend aan de hand van de convectieve warmteoverdrachtscoëfficiënten aan de vertrekzijde ( $h_i = 8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ) en aan de spouwzijde ( $h_{sp} = 5,8 + 4v$  met  $v$  in m/s: de gemiddelde lichtsnelheid in de spouw) alsmede het temperatuurverschil aan weerszijden van de binnenruimte. Het aldus berekende warmteverlies moet door de verwarmingsinstallatie van het vertrek worden toegevoerd om de gewenste vertrektemperatuur te handhaven. In de praktijk wordt vanwege de eenvoud met een equivalente U-waarde gerekend. Deze waarde is afhankelijk van de hoogte van het klimaatraam, de lucht volumestroom (per meter raambreedte) door de spouw en volgt uit tabel 2.1.

Tabel 2.1  $U_{eq}$  afhankelijk van lucht volumestroom en raamhoogte

Raamhoogte [m]	Lucht volumestroom [m <sup>3</sup> /(h·m)]			
	20	40	60	80
1	1,1	0,85	0,65	0,6
1,5	1,25	1	0,8	0,7
2	1,35	1,1	0,9	0,8
2,5	1,4	1,2	1	0,85
3	1,45	1,25	1,05	0,9

Voor klimaatramen geldt:  $U_k = U_{eq}$



Afb. 2.5 Doorsneden van een normale gevel en twee gevels met klimaatramen

In de nachtsituatie wanneer geen afzuiging door de spouw plaatsvindt, zijn de warmteverliezen door de aan de buitenzijde (van de overdag geventileerde spouw) gelegen glasconstructie bepalend. Er geldt dan:  $U = U_{buitenste laag}$

Opmerking: Bij toepassing van een klimaatraam wordt, indien van toepassing, warmteterugwinning minder effectief omdat de ruimtelucht gekoeld wordt in het klimaatraam.

### Verlaagde plafonds

Wanneer een vertrek van een verlaagd plafond is voorzien is de methode van berekening afhankelijk van het type verlaagd plafond.

1. Bij een thermisch open verlaagd plafond (een verlaagd plafond wordt als thermisch open beschouwd indien de vrije doorlaat zodanig is dat een luchtstroom in de plafondspouw ontstaat; de vrije doorlaat moet hiervoor 20% of meer bedragen) wordt het verlaagde plafond buiten beschouwing gelaten;
2. Bij een thermisch gesloten verlaagd plafond kan de berekening op twee manieren uitgevoerd worden:
  1. Forfaitair: het verlaagde plafond wordt buiten beschouwing gelaten;
  2. Het plenum tussen verlaagde plafond en bouwkundige plafond wordt beschouwd als een onverwarmde ruimte. De temperatuur in het plenum moet met een warmtebalans berekend worden.

## 2.5 Ontwerpbinnentemperatuur

Thermische behaaglijkheid wordt niet alleen beïnvloed door de luchttemperatuur in een ruimte, maar ook door de oppervlaktetemperatuur van de omringende vlakken met inbegrip van eventuele verwarmingslichamen (stralingstemperatuur).

Internationaal wordt de operationele temperatuur als ontwerpbinnentemperatuur gebruikt. De operationele temperatuur wordt bij benadering gegeven door:

$$\theta_o = \alpha \cdot \theta_l + (1 - \alpha) \cdot \theta_s \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.4)$$

Waarin:

$\theta_o$	=	operationele temperatuur	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\theta_l$	=	luchttemperatuur	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\theta_s$	=	stralingstemperatuur	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\alpha$	=	coëfficiënt; afhankelijk van de luchtsnelheid	[-]

In het algemeen kan voor de warmteverliesberekening de waarde van  $\alpha$  gelijk aan 0,5 gesteld worden. De waarde van de operationele temperatuur is dan gelijk aan die van de resulterende temperatuur:

$$\theta_r = \theta_o = 0,5 \cdot \theta_l + 0,5 \cdot \theta_s \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.5)$$

Waarin:

$\theta_o$	=	operationele temperatuur	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\theta_l$	=	luchttemperatuur	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\theta_s$	=	stralingstemperatuur	[ $^{\circ}\text{C}$ ]

Bij hogere luchtsnelheden ( $v > 0,2$  m/s) moet de ontwerpbinnentemperatuur op basis van  $\alpha = 0,75$  berekend worden. Voor het toepassingsgebied van deze ISSO-publicatie is dit meestal niet noodzakelijk.

In deze ISSO-publicatie wordt de operationele temperatuur als bovenstaand gedefinieerd als ontwerpbinnentemperatuur  $\theta_i$  gebruikt.

Tabel 2.2 geeft richtwaarden voor de ontwerpbinnentemperatuur. Voor situaties die niet in de tabel weergegeven zijn, kan bijlage G gebruikt worden om de ontwerpbinnentemperatuur te bepalen.

**Tabel 2.2 Minimale waarden voor de ontwerpbinnentemperatuur  $\theta_i$  (= operationele temperatuur) in °C voor zover deze verwarmd worden**

	<b>Ruimte</b>	<b>Ontwerpbinnentemperatuur [°C]</b>
Ruimten/gebouwen met kantoorfunctie, onderwijsfunctie of celfunctie	Verblijfsruimte	20
	Verblijfsgebied	20
	Badruimte	22
	Verkeersruimte	18 of berekening via warmtebalans
	Toiletruimte	18 of berekening via warmtebalans
	Technische ruimte niet zijnde een stookruimte	10 of berekening via warmtebalans
	Onbenoemde ruimte	10 of berekening via warmtebalans
Ruimten/gebouwen met gezondheidszorgfunctie	Bergruimte	10 of berekening via warmtebalans
	Verblijfsruimte	22
	Verblijfsgebied	22
	Badruimte	24
	Toiletruimte	18 of berekening via warmtebalans
	Verkeersruimte	18 of berekening via warmtebalans
	Technische ruimte	10 of berekening via warmtebalans
Buiten de thermische schil	Onbenoemde ruimte <sup>1)</sup>	10 of berekening via warmtebalans
	Stallingsruimte c.q. bergruimte <sup>2)</sup>	5
	Niet verwarmde stallingsruimte	Ontwerpbuitentemperatuur
	Garage	Ontwerpbuitentemperatuur
1) Een onverwarmde ruimte kan in de bouw aanvraag benoemd zijn als onbenoemde ruimte. 2) Alleen indien vorstvrij te houden i.v.m. in de ruimte gelegen waterleidingen. Kan bij regeling met een centrale thermostaat problemen geven.		

Ten aanzien van ontwerpbinnentemperaturen die niet in de tabel zijn opgenomen of afwijkende temperaturen, moet overleg met de opdrachtgever plaatsvinden en moet dit goed worden vastgelegd bij de aanbidding.

### Toelichting

Bij het bepalen van de ontwerpbinnentemperatuur wordt aangesloten bij NEN-EN-ISO 7730. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde activiteit voor de gehele dag (lage activiteit van 1,7 met d.w.z. overwegend zitten met lichte armarbeid en af en toe opstaan en lopen) en een gemiddelde kledingweerstand in de winter van 0,8 clo. Hierbij hoort, uitgaande van een relatieve vochtigheid van 40%, een relatieve lichtsnelheid van maximaal 0,1 m/s en PMV = 0



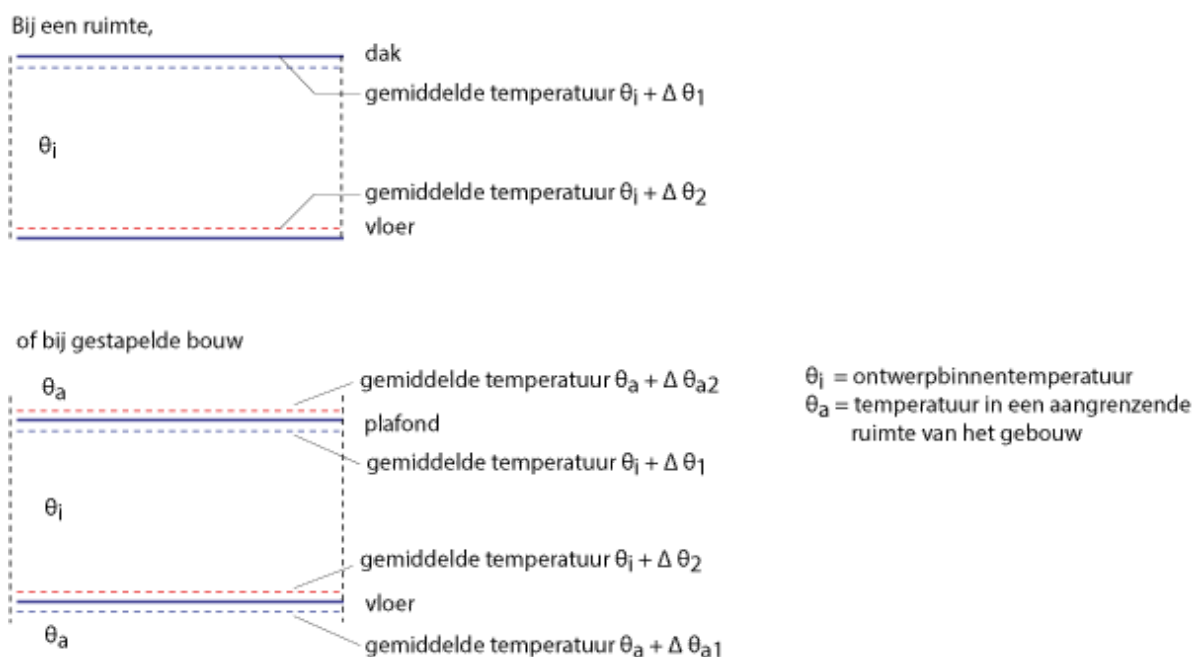
(d.w.z. thermisch neutraal) een operationele temperatuur van 20 °C. Bij een overwegend zittende activiteit (1,2 met) en een kledingweerstand van 0,9 clo is bij deze 20 °C de PMV gelijk aan -0,5 d.w.z. enigszins koel.

Opmerking: De in tabel 2.2 gegeven waarden voor de ontwerpbinrentemperatuur moeten minimaal worden aangehouden. Het is toegestaan hogere waarden te hanteren. Dit moet met de opdrachtgever worden overlegd en tevens in de aanbodsificatie worden aangegeven (bijlage A).

Ten aanzien van ontwerpbinrentemperaturen van ruimten die niet in de tabel zijn opgenomen of afwijkende temperaturen, moet overleg met de opdrachtgever plaatsvinden en moet het resultaat worden vastgelegd bij de aanbidding. Aanbevelingen hiervoor staan in NEN-EN-ISO 7730 [13].

### Temperatuurgelaagdheid en correctie luchttemperatuur bij berekening warmteverlies door buitenluchttoetreding

Bij de berekening van de warmtestroom door een vloer of plafond/dak moet rekening worden gehouden met een temperatuurgelaagdheid in een ruimte zoals schematisch in afbeelding 2.6 is gegeven. Aangenomen is dat net boven de vloer een luchtlaagje aanwezig is met een gemiddelde temperatuur die lager is dan de ontwerpbinrentemperatuur en onder de vloer (plafond) een luchtlaagje met een gemiddelde temperatuur die hoger is dan de ontwerpbinrentemperatuur.



Afb. 2.6 Temperatuurgelaagdheid in de beschouwde ruimte

De waarden voor  $\Delta\theta_1$  resp.  $\Delta\theta_{a1}$  en  $\Delta\theta_2$  resp.  $\Delta\theta_{a2}$  volgen uit tabel 2.3. Bij toepassing van stralingsverwarming is de luchttemperatuur lager dan de comforttemperatuur. Dit wordt in de berekening van de warmteverliezen door buitenluchttoetreding met de factor  $\Delta\theta_v$  in rekening gebracht.  $\Delta\theta_v$  volgt uit tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Waarden voor  $\Delta\theta_1$ ,  $\Delta\theta_{a1}$ ,  $\Delta\theta_2$ ,  $\Delta\theta_{a2}$  en  $\Delta\theta_v$  onder ontwerpcondities voor verwarmde ruimten met een maximum hoogte van 4 m<sup>2)</sup>**

Verwarmingssystemen	$\Delta\theta_1$ resp. $\Delta\theta_{a1}$ [K]	$\Delta\theta_2$ resp. $\Delta\theta_{a2}$ [K]	$R_c < 3,5^{4)}$ $\Delta\theta_v$ [K]	$R_c \geq 3,5^{4)}$ $\Delta\theta_v$ [K]
Lokale verwarming	+4	-1	0	0
Centrale verwarming				
Radiatoren/convectoren ht <sup>1)</sup> en luchtverwarming	+3	-1	0	0
Radiatoren/convectoren lt <sup>1)</sup>	+2	-1	0	0
Plafondverwarming	+3	0	0	0
Wandverwarming	+2	-1	-1	-0,5
Plintverwarming	+1	-1	0	0
Vloerverwarming + ht <sup>1)</sup> -radiatoren/convectoren	+3	0	0	0
Vloerverwarming + lt <sup>1)</sup> -radiatoren/convectoren	+2	0	-1	-0,5
Vloerverwarming als hoofdverwarming <sup>3)</sup>	0	0	-1	-0,5
Vloerverwarming en wandverwarming	+1	0	-1	-0,5
Betonkernactivering	0	0	-1	-0,5
Ventilatorgedreven convectoren/radiatoren	0,5	0	0	0

1) Temperatuurdefinities als toegepast in het Bouwbesluit. Ht = hoge temperatuur d.w.z. gemiddelde mediumtemperatuur  $\geq 55$  °C. Lt = lage temperatuur d.w.z. gemiddelde mediumtemperatuur  $< 55$  °C.  
2) Bij toepassing van vides etc. waardoor een grotere hoogte ontstaat moet de waarde van  $\Delta\theta_1$  resp.  $\Delta\theta_{a1}$  worden vermenigvuldigd met  $h/4$  waarbij  $h$  de totale hoogte [m] is.  
3) Vloerverwarming als enige verwarmingssysteem in het vertrek.  
4) Het betreft de oppervlakte gewogen gemiddelde  $R_c$ -waarde van de uitwendige scheidingsconstructies.

## 2.6 Ontwerpbuitencondities

De methode voor het vastleggen van de ontwerpbuitencondities voor warmteverliesberekeningen is vastgelegd in NEN-EN-12831-1 [5]. Hierin is bepaald dat de ontwerpbuitentemperatuur bestaat uit een zg. basisontwerpbuitentemperatuur verminderd met een term waarin de invloed van de thermische massa van een gebouw verrekend wordt. De ontwerpbuitentemperatuur  $\theta_e$  volgt uit:

$$\theta_e = \theta_{e,0} + \Delta\theta_{e,\tau} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.6)$$

Waarin:

$$\theta_{e,0} = \text{basisontwerpbuitentemperatuur } (-10 \text{ } ^{\circ}\text{C}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta\theta_{e,\tau} = \text{temperatuurcorrectie in verband met de tijdconstante van het gebouw} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

De methode voor het vastleggen van de basisontwerpbuitencondities voor warmteverliesberekeningen is vastgelegd in de NEN-EN-ISO 15927-5. Hieruit volgt voor Nederland een waarde van -8,4 °C bij selectie op basis van tweedaagse gemiddelden. Bij

selectie op basis van dagelijkse gemiddelden wordt een lagere waarde nl. -13,6 °C gevonden. Deze waarde geldt met name voor thermisch lichte gebouwen. Voorheen werd uitgegaan van -10 °C. Aangezien deze waarde algemeen aanvaard wordt en tussen de waarde van thermisch lichte en zware woningen in zit is besloten de basisontwerpbuitentemperatuur te handhaven op -10 °C.

Opmerking: In NEN-EN 12831-1 is bij het bepalen van de ontwerpbasistemperatuur de mogelijkheid opgenomen een correctie op te nemen voor gebouwen die ofwel zeer hoog zijn of op een hoog gelegen locatie gebouwd zijn. Aangezien de correctie -0,7 graden per 100 meter hoogte is en Nederland relatief vlak is, is besloten deze term voor Nederland niet in rekening te brengen.

De temperatuurcorrectie  $\Delta\theta_{e,\tau}$  voor de tijdconstante van het gebouw volgt uit vergelijking 2.7:

$$\Delta\theta_{e,\tau} = 0,016 \cdot \tau - 0,8 \quad [\text{K}] \quad (2.7)$$

Voor de waarde van  $\Delta\theta_{e,\tau}$  geldt dat deze minimaal 0 K en maximaal 4 K is.

Indien:  $\Delta\theta_{e,\tau} < 0$  dan geldt  $\Delta\theta_{e,\tau} = 0$ .

Indien:  $\Delta\theta_{e,\tau} > 4$  dan geldt  $\Delta\theta_{e,\tau} = 4$ .

De waarde van  $\Delta\theta_{e,\tau}$  moet worden afgerond op halve graden.

De waarde van  $\Delta\theta_{e,\tau}$  wordt bepaald voor het gehele gebouw, ook als het gebouw meerdere functies heeft (bijv. woningen en winkels). Wordt de berekening uitgevoerd voor een vertrek of een gedeelte van het gebouw, mag de  $\Delta\theta_{e,\tau}$  bepaald worden voor dat gedeelte van het gebouw of het vertrek.

## 2.6.1 Bepaling tijdconstante

De tijdconstante  $\tau$  van een gebouw volgt uit:

$$\tau = C_{\text{eff}} / H \quad [\text{s}] \quad (2.8)$$

Waarin:

$C_{\text{eff}}$  = effectieve opslagcapaciteit van het gebouw [Wh/K]

$H$  = specifieke warmteverlies [W/K]

De bepaling van de warmte-inhoud/effectieve opslagcapaciteit  $C_{\text{eff}}$  van het gebouw gebeurt in twee delen:

1. Warmte-inhoud van de constructiedelen die deel uitmaken van de binnenzijde van de uitwendige scheidingsconstructie (schil);
2. Warmte-inhoud van de inwendige constructiedelen.

De warmte-inhoud van een constructiedeel wordt bepaald door:

$$C_{\text{constr}} = \sum_{i=1}^{\text{alle lagen}} (d_i \cdot A_i \cdot r \cdot c_p \cdot f_{\text{wm}}) \quad [\text{J/K}] \quad (2.9)$$

Waarin:

$d_i$	thermisch effectieve dikte; bij steenachtige constructies ( $\rho \geq 1000 \text{ kg/m}^3$ ) 200 mm (echter nooit meer dan de helft van de totale dikte); bij gelaagde constructies de dikte van het binnenblad (tot de isolatie ( $\lambda \leq 0,1 \text{ W/(m·K)}$ )/spouw) en wel tot een maximum van 200 mm	[m]
$A_i$	oppervlakte van het betreffende vlak, bepaald volgens paragraaf 2.3	[m <sup>2</sup> ]
$\rho$	dichtheid van het materiaal	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c_p$	soortelijke warmte	[J/(kg·K)]
$f_{wm}$	reductiefactor om bij wanden/vloer/plafond en met isolerende deklagen de verminderde warmte-indringing in rekening te brengen $f_{wm} = 0,7$ voor tapijt, lambrizing , verlaagd plafond $f_{wm} = 1,0$ voor pleisterlagen	[-]

$C_{schil} = \sum C_{constr}$  over alle uitwendige scheidingsconstructies

$C_{inwendig} = \sum C_{constr}$  over alle inwendige constructiedelen

$$C_{eff} = (0,7 \cdot C_{inwendig} + 0,5 \cdot C_{schil}) / 3600 \quad [\text{Wh/K}] \quad (2.10)$$

Het specifieke warmteverlies H van het gebouw volgt uit:

$$H = \sum H_{T,ie} + \sum H_{T,iaBE} + \sum H_{T,iae} + \sum H_{T,ig} + H_v \quad [\text{W/K}] \quad (2.11)$$

Waarin:

$\sum H_{T,ie}$	= specifiek warmteverlies naar de buitenlucht bepaald conform paragraaf 2.6.2	[W/K]
$\sum H_{T,iaBE}$	= specifiek warmteverlies naar aangrenzende panden bepaald conform paragraaf 2.6.3	[W/K]
$\sum H_{T,iae}$	= specifiek warmteverlies naar de buitenlucht via aangrenzende onverwarmde ruimten bepaald conform paragraaf 2.6.4	[W/K]
$\sum H_{T,ig}$	= specifiek warmteverlies naar de bodem bepaald conform paragraaf 2.6.5	[W/K]
$H_v$	= specifiek warmteverlies door buitenluchttoetreding bepaald conform paragraaf 2.6.6	[W/K]

Opmerking: Bij het bepalen van het specifieke warmteverlies van een gebouw ten behoeve van de bepaling van de tijdconstante van het gebouw wordt uitgegaan van de volgende randvoorwaarden:

1. De buitentemperatuur  $\theta_e = -10 \text{ °C}$ ;
2. De ontwerpbinnetemperatuur  $\theta_i = 20 \text{ °C}$ ;
3. Er zijn geen temperatuurgradiënten door de verwarming;
4. Voor het in rekening brengen van thermische bruggen wordt uitgegaan van  $\Delta U_{TB} = 0,1$ .

Voor gebouwen waarvan niet alle wandgegevens beschikbaar zijn, maar wel de U-waarden kan volgende benadering gebruikt worden om de opslagcapaciteit  $C_{eff}$  van de constructie te bepalen:

$$C_{\text{eff}} = c_{\text{eff}} \cdot V \quad [\text{Wh/K}] \quad (2.12)$$

Waarin:

$c_{\text{eff}}$  = specifieke effectieve opslagcapaciteit van het gebouw volgens tabel 2.4  $[\text{Wh/K per m}^3]$

$V$  = inhoud van het gebouw gebaseerd op de buitenafmetingen  $[\text{m}^3]$

**Tabel 2.4 Waarde van  $c_{\text{eff}}$**

Thermische massa	Omschrijving	$c_{\text{eff}}$ [Wh/ (m <sup>3</sup> ·K)]
Laag	Lichte constructie zoals: 1. Lichte daken; 2. Lichte wanden (houtskeletbouw en sandwichpanelen).	15
	Verlaagde plafonds	
	Verhoogde vloeren	
Gemiddeld	Lage volumeverhouding intern – extern (kleine hoge vertrekken, dikke wanden)	50
	Hoofdzakelijk middelzware constructies: 1. Buitenwanden van beton of steenachtig ( $\rho \geq 1000 \text{ kg/m}^3$ ); 2. Betonnen vloeren/plafonds; 3. Binnenwanden gips/gasbeton/cellenbeton; 4. Wand naar aangrenzende panden kalkzandsteen/beton.	
Zwaar	Lage volumeverhouding intern – extern (kleine hoge vertrekken, dikke wanden)	75
	Hoofdzakelijk zware constructies: 1. Wand van beton of steenachtig ( $\rho \geq 1500 \text{ kg/m}^3$ ); 2. Betonnen vloeren/plafonds.	

## 2.6.2 Specifiek warmteverlies naar de buitenlucht

Voor het specifieke warmteverlies  $H_{\text{t,ie}}$  van het gebouw naar de buitenlucht via de aan de buitenlucht grenzende omhulling (schil) geldt:

$$\Sigma_k H_{\text{T,ie}} = \Sigma_k (A_k \cdot (U_k + 0,1)) \quad [\text{W/K}] \quad (2.13)$$

Waarin:

$A_k$  = oppervlak van de uitwendige scheidingsconstructies bepaald volgens 2.2  $[\text{m}^2]$

$U_k$  = warmtedoorgangscoefficiënt van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald volgens paragraaf 2.4  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

0,1 = toeslag voor thermische bruggen  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

### 2.6.3 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende panden

Voor het specifieke warmteverlies  $H_{T,iaBE}$  van het gebouw naar aangrenzende panden (naast gelegen, boven en/of onder) geldt:

$$H_{T,iaBE} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) \quad [W/K] \quad (2.14)$$

Waarin:

$A_k$  = oppervlakte wand/vloer/plafond k bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_k$  = warmtedoorgangscoefficiënt van wand k bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_{ia,k}$  = correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en temperatuur aangrenzende ruimte [-]

Voor de waarde van de correctiefactor  $f_b$  geldt:

$$f_{ia,k} = \frac{20 - \theta_b}{30} \quad [-] \quad (2.15)$$

Waarin:

$\theta_b$  = binnentemperatuur van het aangrenzende gebouw [°C]

Voor de temperatuur  $\theta_b$  van het aangrenzende gebouw geldt:

1.  $\theta_b = 15$  °C aangrenzende kantoren en winkels en bovengelegen woningen;
2.  $\theta_b = 5$  °C indien aangrenzend pand vorstvrij wordt gehouden;
3.  $\theta_b = \theta_e$  voor aangrenzende stallingsruimten.

### 2.6.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimten

Het specifieke warmteverlies  $H_{T,iae}$  naar de buitenlucht via aangrenzende onverwarmde ruimten (bijv. kruipruimte, stallingsruimte, onverwarmde berging, etc.) volgt uit:

$$H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (2.16)$$

Waarin:

$A_k$  = oppervlakte wand k bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_k$  = warmtedoorgangscoefficiënt van wand k bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_k$  = correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte [-]

De correctiefactor  $f_k$  volgt uit tabel 2.5

**Tabel 2.5 Waarden voor de correctiefactor  $f_k$**

Omschrijving van de aangrenzende onverwarmde ruimte	$f_k$ [-]
Ruimte met één buitenwand	0,4
Kelder	0,5
Ruimte met twee buitenwanden	0,6
Kruipruimte, trappenhuis, ruimten met drie of meer buitenwanden	0,8
Stallingsruimte, goed geventileerde ruimten	1,0

## 2.6.5 Specifiek warmteverlies naar de grond

Het specifieke warmteverlies  $H_{T,ig}$  door uitwendige scheidingsconstructies (wanden en vloeren) in contact met de grond volgt uit:

$$\Sigma_k H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot 0,37) \quad [W/K] \quad (2.17)$$

Waarin:

$\Sigma_k$	= sommatie over alle uitwendige scheidingsconstructies in contact met de grond	[-]
$A_k$	= oppervlakte van vlak k, dat in contact is met de grond bepaald volgens 2.2	[m <sup>2</sup> ]
$U_{equiv,k}$	= equivalente warmtedoorgangscoefficiënt	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$f_{gw}$	= grondwaterfactor	[-]

Voor de grondwaterfactor  $f_{gw}$  geldt:

$f_{gw} = 1$  indien de grondwaterspiegel  $\geq 1$  m onder het vloerniveau gelegen is

$f_{gw} = 1,15$  voor de overige gevallen

Voor de waarde van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{equiv,k}$  geldt:

$U_{equiv,k} = 0,18$  voor vloeren/wanden onder het maaiveld met een  $R_c \geq 3,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

$U_{equiv,k} = 0,30$  voor vloeren/wanden onder het maaiveld met een  $2,5 \leq R_c < 3,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

$U_{equiv,k} = 0,50$  voor vloeren/wanden onder het maaiveld met een  $R_c < 2,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

## 2.6.6 Specifiek warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het specifieke warmteverlies door ventilatie  $H_v$  volgt uit:

$$H_v = 1200 \cdot q_v \cdot f_v \quad [W/K] \quad (2.18)$$

Waarin:

$q_v$	= volumestroom ventilatielucht	[m <sup>3</sup> /s]
$f_v$	= correctiefactor voor inblaastemperaturen hoger dan de buitentemperatuur	[-]

De volumestroom ventilatielucht  $q_v$  volgt uit:

$$q_v = n_v \cdot V / 3600 \quad [m^3/s] \quad (2.19)$$

Waarin:

$n_v$  = aantal luchtwisselingen [1/h]

$V$  = volume bepaald volgen paragraaf 2.3 [-]

Voor het aantal luchtwisselingen  $n_v$  geldt:

$n_v = 0,5$  voor gebouwen die voldoen aan de nieuwbouw eisen van het Bouwbesluit

$n_v = 0,75$  voor gebouwen die gebouwd zijn in of na 1992

$n_v = 1,0$  voor gebouwen die gebouwd zijn voor 1992

Voor de temperatuur correctiefactor  $f_v$  voor inblaastemperaturen geldt:

Voor alle systemen zonder WTW of voorverwarming van de inblaaslucht

$$f_v = \frac{30 + \Delta\theta_v}{30} \quad [-] \quad (2.20)$$

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de inblaaslucht

$$f_v = \frac{20 + \Delta\theta_v - \theta_t}{30} \quad [-] \quad (2.21)$$

Waarin:

$\Delta\theta_v$  = temperatuurcorrectie voor lagere luchttemperatuur bij stralingsverwarming conform tabel 2.3. Indien verwarmingssysteem nog niet bekend dan  $\Delta\theta_v = 0$  [K]

$\theta_t$  = temperatuur na de voorverwarmer of  $\theta_t = 15$  °C bij systemen met WTW [°C]





# 3 Schilmethode – Warmteverliesberekening voor een gebouw

Het ontwerpwarmteverlies voor een gebouw volgt uit de transmissieverliezen naar buiten (direct of indirect), het ventilatieverlies en, indien van toepassing, een toeslag voor bedrijfsbeperking. Om overdimensionering te voorkomen moeten alleen die toeslagen voor bedrijfsbeperking in rekening gebracht worden die gelijktijdig optreden. Het is van belang hierover met de opdrachtgever afspraken te maken.

Het warmteverlies van een gebouw  $\Phi_{HL, Build}$  volgt uit:

$$\Phi_{HL, Build} = \sum_i [\Phi_{T, ie} + \Phi_{T, iae} + \Phi_{T, iaBE} + \Phi_{T, ig}] + \Phi_{V, build} + \sum_i \Phi_{hu, i} + \sum_i \Phi_{add, i} - \sum_i \Phi_{gain, i} \quad [W] \quad (3.1)$$

Waarin:

$\Phi_{T, ie}$	= ontwerpwarmteverlies naar buitenlucht (zie paragraaf 3.2)	[W]
$\Phi_{T, iae}$	= ontwerpwarmteverlies naar onverwarmde aangrenzende ruimten (zie paragraaf 3.3)	[W]
$\Phi_{T, iaBE}$	= ontwerpwarmteverlies naar aangrenzend pand (zie paragraaf 3.4)	[W]
$\Phi_{T, ig}$	= ontwerpwarmteverlies naar de bodem (zie paragraaf 3.5)	[W]
$\Phi_{V, build}$	= warmteverlies door buitenluchttoetreding (zie paragraaf 3.6)	[W]
$\sum_i \Phi_{hu, i}$	= som van de gelijktijdig optredende toeslagen voor bedrijfsbeperking (zie paragraaf 3.7)	[W]
$\sum_i \Phi_{add, i}$	= som van de gelijktijdig optredende systeemverliezen (zie paragraaf 3.8)	[W]
$\sum_i \Phi_{gain, i}$	= som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten onder ontwerpcondities (zie paragraaf 3.9)	[W]

Het ontwerpwarmteverlies  $\Phi_{T, ix}$  van een ruimte volgt uit:

$$\Phi_{T, ix} = H_{T, ix} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (3.2)$$

Waarin:

$H_{T, ix}$	= specifiek warmteverlies van verwarmde ruimte i naar een andere ruimte x (buitenlucht, onverwarmde aangrenzende ruimte of bodem)	[W/K]
$\theta_i$	= ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 3.1	[°C]
$\theta_e$	= ontwerpbutentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]

### 3.1 Ontwerpbinnentemperatuur

Voor de ontwerpbinnentemperatuur  $\theta_i$  voor de voorontwerpfase geldt:

$\theta_i = 22\text{ °C}$  voor ruimten met gezondheidszorgfuncties

$\theta_i = 20\text{ °C}$  voor de overige gebruiksfuncties

### 3.2 Specifiek warmteverlies van het gebouw naar de buitenlucht

Voor het specifieke warmteverlies  $H_{T,ie}$  van het gebouw naar de buitenlucht via de aan de buitenlucht grenzende omhulling (schil) geldt:

$$\Sigma_k H_{T,ie} = \Sigma_k (A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_k) \quad [\text{W/K}] \quad (3.3)$$

Waarin:

$A_k$  = oppervlak van uitwendige scheidingsconstructie k, bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_k$  = warmtedoorgangscoefficiënt van uitwendige scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$\Delta U_{TB}$  = toeslag voor thermische bruggen volgens tabel 3.1 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_k$  = correctie voor verwarmde vlakken of temperatuurgradiënten [-]

Voor correctie  $f_k$  geldt:

$f_k = 0$  voor het verwarmde deel van wand/vloer/plafond bij wand-/vloer- of plafondverwarming c.q. betonkernactivering

$f_k = 1$  voor buitenwanden/schuine daken

Voor vloeren boven buitenlucht:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.4)$$

Voor platte daken:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.5)$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 3.1 [°C]

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

$\Delta\theta_1$  = temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

$\Delta\theta_2$  = temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

**Tabel 3.1 Toegevoegde warmtedoorgangscoefficiënt  $\Delta U_{TB}$**

Omschrijving	$\Delta U_{TB}$ [W/ m <sup>2</sup> ·K]
Toeslagen reeds verrekend in de U-waarde	0
Nieuw gebouw met goede isolatie en speciale bouwkundige voorzieningen om thermische bruggen te beperken/voorkomen	0,02
Nieuw gebouw gebouwd volgens de regels voor goed vakmanschap	0,05
Gebouwen met isolatie aan de binnenzijde en isolatie doorbroken door plafonds	0,15
Overige situaties	0,10

### 3.3 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimte(n)

Voor het specifieke warmteverlies  $\sum_k H_{T,iae}$  van het gebouw naar een aangrenzende onverwarmde ruimte(n) geldt:

$\sum_k H_{T,iae} = 0$  bij een vrijstaand gebouw of geen aangrenzende onverwarmde ruimten

In alle andere gevallen:

$$\sum_k H_{T,iae} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (3.6)$$

Waarin:

$A_s$  = oppervlak van de wand/vloer/plafond bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_s$  = warmtedoorgangscoefficiënt van de scheidingsconstructie bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_k$  = correctiefactor ter correctie temperatuurverschil tussen ontwerpbuitentemperatuur en temperatuur aangrenzende onverwarmde ruimte met  $f_k = 0$  voor verwarmde vlakken [-]

De correctiefactor  $f_k$  volgt uit tabel 3.2 of nadat de temperatuur  $\theta_a$  in de aangrenzende ruimte berekend is met behulp van de warmtebalans uit bijlage F uit:

Voor wanden:

$$f_k = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.7)$$

Voor de vloer naar ondergelegen gebouw/ruimte:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.8)$$

Voor het plafond naar bovengelegen gebouw/ruimte:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.9)$$

Waarin:

$\theta_i$	= ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 3.1	[°C]
$\theta_e$	= ontwerpbutentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\theta_a$	= temperatuur aangrenzende ruimte	[°C]
$\Delta\theta_1$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3	[K]
$\Delta\theta_2$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3	[K]

**Tabel 3.2 Correctiefactor  $f_k$  voor warmteverlies via onverwarmde ruimten met onbekende binnentemperatuur**

Onverwarmde ruimte			f <sub>k</sub>
Vertrek/ruimte	1 Externe scheidingsconstructie/buitenwand		0,4
	2 Externe scheidingsconstructies	Zonder buitendeur	0,5
		Met buitendeur	0,6
	3 Of meer externe scheidingsconstructies		0,8
Ruimte onder het dak	Hoog infiltratievoud in de ruimte; bijv. pannendak zonder folielaag		1,0
	Overige niet-geïsoleerde daken		0,9
	Geïsoleerde daken		0,7
Gemeenschappelijke verkeersruimte	Interne ruimte zonder buitenwanden en ventilatievoud < 0,5		0,0
	Vrij geventileerd (A <sub>opening</sub> / V > 0,005)		1,0
	Overige gevallen		0,5
Vloer	Vloer boven kruipruimte	Zwak geventileerd	0,6
		Matig geventileerd	0,8
		Sterk geventileerd	1,0
1) Zwak geventileerd: openingen in de luchtlaag ≤ 1000 mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> luchtlaagoppervlakte Matig geventileerd: openingen in de luchtlaag > 1000 mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> maar ≤ 1500 mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> luchtlaagoppervlakte Sterk geventileerd: openingen in de luchtlaag > 1500 mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> luchtlaagoppervlakte			

## 3.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend gebouw

Voor het specifieke warmteverlies  $\sum_k H_{T,iaBE}$  van het gebouw naar een aangrenzend gebouw (zowel naastgelegen als boven- of ondergelegen) geldt:

$\sum_k H_{T,iaBE} = 0$  bij een vrijstaand gebouw

In alle andere gevallen:

$$\sum_k H_{T,iaBE} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{i,a,k}) \quad [\text{W/K}] \quad (3.10)$$

Waarin:

$A_s$	= oppervlak grenzend aan aangrenzend gebouw bepaald volgens paragraaf 2.2	[m <sup>2</sup> ]
$U_s$	= warmtedoorgangscoefficiënt vlakken grenzend aan aangrenzend gebouw bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$f_{i,a,k}$	= correctiefactor ter correctie temperatuurverschil tussen ontwerpbuitentemperatuur en temperatuur in aangrenzend(e) gebouw(en) met $f_{i,a,k} = 0$ voor verwarmde vlakken	[-]

Voor wanden:

$$f_{i,a,k} = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.11)$$

Voor de vloer naar ondergelegen gebouw:

$$f_{i,a,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.12)$$

Voor het plafond naar bovengelegen gebouw:

$$f_{i,a,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.13)$$

Waarin:

$\theta_i$	= ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 3.1	[°C]
$\theta_e$	= ontwerpbuitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\theta_a$	temperatuur aangrenzende ruimte: berekening via warmtebalans (zie bijlage F) of = 15 °C bij kantoren en winkels = 10 °C bij overige utiliteitsgebouwen en woningen = 5 °C bij stallingruimte die vorstvrij gehouden wordt	[°C]
$\Delta\theta_1$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3	[K]
$\Delta\theta_2$	= temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3	[K]

## 3.5 Specifiek warmteverlies naar de grond

Het specifieke warmteverlies  $H_{t,ig}$  door uitwendige scheidingsconstructies (wanden en vloeren) in contact met de grond volgt uit:

$$\Sigma_k H_{t,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) \quad [W/K] \quad (3.14)$$

Waarin:

$\Sigma_k$	= sommatie over alle uitwendige scheidingsconstructies in contact met de grond	[-]
$A_k$	= oppervlakte van vlak k, dat in contact is met de grond bepaald volgens paragraaf 2.2	[m <sup>2</sup> ]
$U_{equiv,k}$	= equivalente warmtedoorgangscoefficiënt	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$f_{gw}$	= grondwaterfactor	[-]
$f_{ig,k}$	= correctiefactor voor afwijkend temperatuurverschil tussen ontwerpbinnentemperatuur en ontwerpbuitentemperatuur resp. jaargemiddelde buitentemperatuur	[-]

Voor de grondwaterfactor  $f_{gw}$  geldt:

$f_{gw} = 1$  indien de grondwaterspiegel  $\geq 1$  m onder het vloerniveau gelegen is

$f_{gw} = 1,15$  voor de overige gevallen

Voor de correctiefactor  $f_{ig,k}$  geldt:

$f_{ig,k} = 0$  voor het, door de verwarming van het beschouwde vertrek, verwarmde deel van wand/vloer/plafond bij wand-/vloerverwarming c.q. betonkernactivering dat in contact is met de grond

Voor wanden:

$$f_{ig,k} = \frac{\theta_i - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.15)$$

Voor vloeren:

$$f_{ig,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.16)$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 3.1 [°C]

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

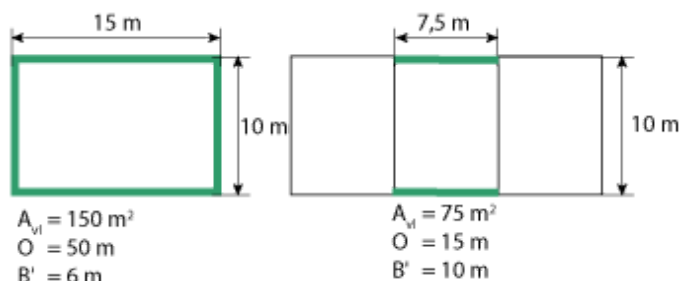
$\theta_{me}$  = jaarlijks gemiddelde buitentemperatuur (= 9 °C) [°C]

$\Delta\theta_2$  = temperatuurcorrectie t.g.v. temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

### Bepalen van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt $U_{equiv,k}$

Bepaal eerst hulpwaarde  $B'$ :

1. Bepaal voor het gehele gebouw het vloeroppervlak  $A_{vi}$ ;
2. Bepaal voor het gehele gebouw de lengte  $O$  van aan de buitenlucht grenzende vlakken, waarbij onverwarmde vertrekken/gebouwen als grenzend aan de buitenlucht beschouwd worden;
3. Gebruik de van toepassing zijnde afbeelding uit afbeelding 3.1.
4. Bepaal de hulpwaarde  $B'$  volgens  $B' = 2A_{vi}/O$  waarbij geldt  $2 \leq B' \leq 50$ ;



Afb. 3.1 Toelichting bij bepalen hulpwaarde  $B'$

De equivalente warmtedoorgangscoefficiënt volgt uit:

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3}} + d \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (3.17)$$

Waarin:

a, b, c, d, n	= parameter volgens uit tabel 3.3	[-]
B'	= geometrische factor	[m]
z	= diepte vloer onder maaiveld waarbij $0 \leq z \leq 5$ ; indien $z > 5$ m dan $z = 5$ m	[m]
$U_k$	= warmtedoorgangscoefficiënt van de wand of vloer in contact met de grond	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$\Delta U_{TB}$	= toeslag voor thermische bruggen volgens tabel 3.1	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]

Indien  $U_{equiv,k} < 0,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  dan geldt  $U_{equiv,k} = 0,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Opmerking: Bij vloeren met verschillende U-waarden in de beganegrondvloer moet uitgegaan worden van een oppervlakte gewogen gemiddelde U-waarde bij de bepaling van  $U_{equiv,k}$ .

**Tabel 3.3 Parameters voor de bepaling van  $U_{equiv,k}$**

	a	b	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	d
Vloer	0,9671	-7,455	10,76	9,773	0,0265	0,5532	0,6027	-0,9296	-0,0203
Wand	0,799	-6,7951	0 <sup>1)</sup>	26,586	0,1523	0 <sup>1)</sup>	0,5012	-0,1406	-1,074

1) In het bepalen van het warmteverlies door wanden heeft B' geen invloed; vanwege de rekenkundige integriteit mag B' niet gelijk zijn aan nul.

## 3.6 Warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding  $\Phi_{V,build}$  volgt voor systemen met mechanische toevoer van ventilatielucht uit:

$$\Phi_{V,build} = (H_i + H_v) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (3.18)$$

Waarin:

$H_i$	= specifieke warmteverlies door infiltratie volgens paragraaf 3.6.1	[W/K]
$H_v$	= specifieke warmteverlies door ventilatie volgens paragraaf 3.6.2	[W/K]
$\theta_i$	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 3.1	[°C]
$\theta_e$	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]

Voor systemen met een natuurlijke toevoer van ventilatielucht volgt het ventilatiewarmteverlies  $\Phi_{V,build}$  uit:

$$\Phi_{V,build} = (\max(H_i; H_v)) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (3.19)$$



Waarin:

$H_i$  = specifieke warmteverlies door infiltratie volgens paragraaf 3.6.1 [W/K]

$H_v$  = specifieke warmteverlies door ventilatie volgens paragraaf 3.6.2 [W/K]

$\theta_i$  = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 3.1 [°C]

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

### 3.6.1 Specifiek warmteverlies door infiltratie

Het specifieke warmteverlies door infiltratie  $H_i$  volgt uit:

$$H_i = 1200 \cdot q_i \quad [\text{W/K}] \quad (3.20)$$

Waarin:

$$1200 = \rho \cdot c_p \quad [\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})]$$

$$q_i = \text{volumestroom infiltratielucht} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

De volumestroom infiltratielucht  $q_i$  volgt uit:

$$q_i = A_u \cdot q_{is} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.21)$$

Waarin:

$A_u$  = in rekening te brengen oppervlakte van de uitwendige scheidingsconstructies [m<sup>2</sup>]

$q_{is}$  = luchtvolumestroom infiltratie per vierkante meter uitwendige scheidingsconstructie [m<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup>]

Voor gebouwen waarvan de  $q_{v10,spec}$ -waarde bekend is, volgt de waarde van  $q_{is}$  uit tabel 3.4.

Voor gebouwen waar deze niet bekend is volgt de waarde uit tabel 3.5.

Let op dat in tabel 3.4 de  $q_{v10,spec}$  per vierkante meter gebruiksoppervlak en de infiltratie per vierkante meter geveleppervlak wordt gegeven.

**Tabel 3.4 Waarden voor infiltratie luchtvolumestroom  $q_{is}$  in m<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> geveleppervlak (incl. beglazing en deuren)**

$q_{v10,spec}$ [dm <sup>3</sup> /(s · m <sup>2</sup> <sub>gebruiksopp.</sub> )]	Infiltratie maatgevend kantoor [m <sup>3</sup> /(s · m <sup>2</sup> <sub>gevelepp.</sub> )] Gebouwhoogte h [m]				
	≤ 3 m	3 < h ≤ 6	6 < h ≤ 20	20 < h ≤ 30	> 30 m
Kleiner dan 0,20	0,00026	0,00034	0,00043	0,00051	0,00062
Van 0,20 tot 0,40	0,00039	0,00050	0,00063	0,00077	0,00092
Van 0,40 tot 0,60	0,00064	0,00082	0,00103	0,00126	0,00149
Van 0,60 tot 0,80	0,00088	0,00111	0,00140	0,00172	0,00200
Van 0,80 tot 1,00	0,00109	0,00138	0,00175	0,00213	0,00251
Groter dan 1,0	0,00118	0,00151	0,00189	0,00232	0,00273

**Tabel 3.5 Waarden voor infiltratie lucht volumestroom  $q_{is}$  in  $m^3/s$  per  $m^2$  geveloppervlak (incl. beglazing en deuren)**

$q_{is}$	
Te openen ramen	Geen te openen ramen
0,0035	0,0028

Opmerking: Indien van een utiliteitsgebouw niet bekend is of er te openen ramen zijn, moet worden uitgegaan van de waarde die geldt voor gevels met te openen ramen.

#### In rekening te brengen geveloppervlak

Bij ruimten met één buitenwand: 100% van de buitenwand.

Bij ruimten met twee aan elkaar grenzende buitenwanden: 100% van het oppervlak van de buitenwanden.

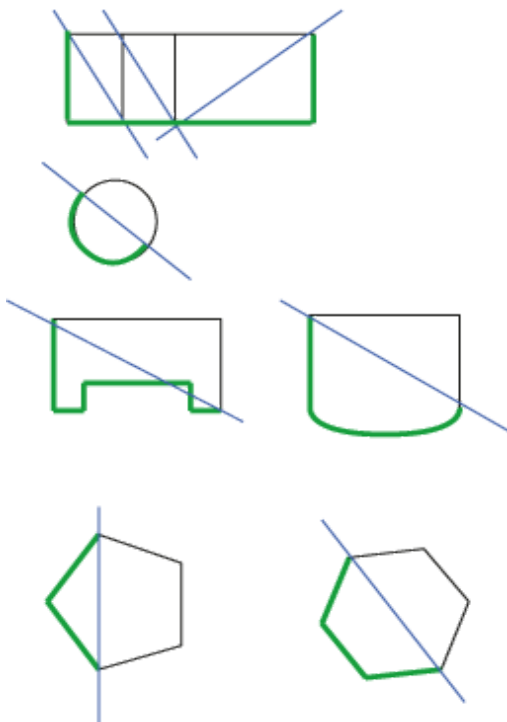
Bij ruimten met twee tegenover elkaar gelegen buitenwanden: 50% van het oppervlak van de buitenwanden.

Toelichting: Beschouw de ruimte als een rechthoek, trek de diagonaal en bereken het oppervlak aan beide zijden van de diagonaal. Voor ronde gebouwen wordt een middellijn getrokken.

Bij veelhoeken wordt een soort middellijn getrokken (wel door hoekpunten).

Het grootste van de oppervlakken wordt in rekening gebracht.

Eén en ander wordt toegelicht in afbeelding 3.2. Hierbij is de diagonaal als stippellijn weergegeven en is het in rekening te brengen oppervlak dikker aangegeven.



**Afb. 3.2 Toelichting in rekening te brengen geveloppervlak**

### 3.6.2 Specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie $H_v$

Voor het specifieke warmteverlies  $H_v$  ten gevolge van ventilatie wordt uitgegaan van:

$$H_v = 1200 \cdot q_v \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (3.22)$$

Waarin:

$$q_v = \text{luchtvolumestroom ventilatie} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$f_v = \text{correctiefactor voor inblaastemperaturen hoger dan de buitentemperatuur} \quad [-]$$

De luchtvolumestroom ventilatie  $q_v$  volgt uit:

$$q_v = 0,001 \cdot A_{\text{totaal}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.23)$$

Waarin:

$$A_{\text{totaal}} = \text{totaal oppervlak van het verblijfsgebied} \quad [\text{m}^2]$$

Voor de temperatuurcorrectiefactor  $f_v$  voor inblaastemperaturen geldt:

$f_v = 0$  voor alle systemen met inblaastemperaturen hoger dan de ontwerp binnentemperatuur

Voor alle systemen zonder WTW of voorverwarming van de inblaaslucht:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.24)$$

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de inblaaslucht:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (3.25)$$

Waarin:

$$\theta_i = \text{ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 3.1} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\theta_e = \text{ontwerpbuitentemperatuur volgens paragraaf 2.6} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\theta_t = \text{inblaastemperatuur ventilatielucht (voor berekening bij systemen met WTW zie bijlage C)} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\Delta\theta_v = \text{correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.3} \quad [\text{K}]$$

Opmerking: Bij toepassing van WTW en een klimaatraam is de ventilatielucht al voor een deel gekoeld in het klimaatraam. Voor het bepalen van de inblaastemperatuur bij het WTW-systeem moet voor de vertrekken met een klimaatraam worden uitgegaan van lucht van 10 °C i.p.v. de ontwerpbinnentemperatuur.

Voor situaties waar continu een deur open staat (bijv. winkels, restaurant) wordt de extra volumestroom  $q_{ve}$  [17] (deze moet opgeteld worden bij de ruimteventilatie) bepaald door:

$$q_{ve} = 0,83 \cdot B \cdot H \cdot (1 - KSE) \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.26)$$

Waarin:

B	=	breedte van de opening	[m]
H	=	hoogte van de opening	[m]
KSE	=	0,3 bij toepassing luchtgordijn, anders KSE = 0	[-]

## 3.7 Toeslag voor bedrijfsbeperking

Bij toepassing van een adaptieve regelaar en/of continubedrijf geldt:  $\Phi_{hu} = 0$ .

Voor alle andere gevallen geldt:

$$\Phi_{op} = P \cdot A_{vl} \quad [W] \quad (3.27)$$

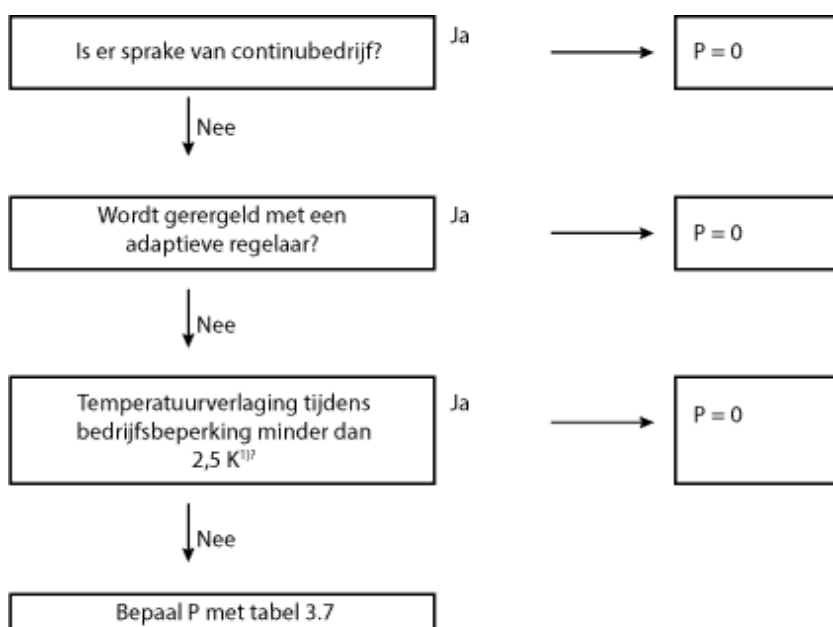
Waarin:

$A_{vl}$  = totale vloeroppervlak van het gebouw, dus inclusief verdiepingvloeren, bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$P$  = specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking [W/m<sup>2</sup>]

### Specifieke toeslag P voor bedrijfsbeperking

De specifieke toeslag P voor bedrijfsbeperking volgt uit:



1) Bij gebouwen met een korte gebruiksduur (<12 uur per dag) is deze optie niet zinvol daar de te verwachten afkoeling groter is dan 2,5 K.  
De maximaal te verwachten afkoeling kan globaal bepaald worden met de methode zoals die gegeven is in bijlage E.1. Is deze maximaal te verwachten afkoeling > 2,5 K dan moet de nachtverlaging beperkt worden tot 2,5 K door instelling van de thermostaat.  
Bij een te verwachten afkoeling van 4 K of groter is het energetisch voordeliger te kiezen voor nachtverlaging met een toeslag voor bedrijfsbeperking.

### Afb. 3.3 Bepaling specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking

Tabel 3.6 geeft criteria om vast te stellen of een gebouw in de categorie licht/middelzwaar of zwaar valt. Indien men dit exact wil uitrekenen kan dit met de methodiek als gegeven in paragraaf 4.8.

Tabel 3.6 Zwaarte van het gebouw

Categorie	Omschrijving
L – licht	Houtskeletbouw
	Overwegend lichte constructies zoals: 1. Lichtgewicht daken; 2. Lichte wanden (sandwich panelen, houten frame constructies).
L – middelzwaar	Deels massieve constructies zoals: 1. Buitenwand / wanden naar aangrenzende panden van kalkzandsteen of beton; 2. Binnenwanden gips / gasbeton / cellenbeton / systeemwanden; 3. Betonnen vloeren en/of plafonds.
Z – zwaar	Overwegend massieve constructies zoals: 1. Wanden van steen, kalkzandsteen of beton; 2. Betonnen vloeren en/of plafonds.

Tabel 3.7 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking P [W/m<sup>2</sup> vloeroppervlak]

Aantal uren verlaging		8 <sup>1)</sup>		14		62 <sup>2)</sup>	
Zwaarte gebouw		l	z	l	z	l	z
Opwarmtijd [h]	1	38	13	50	36	55	100
	2	13	5	28	23	32	86
	3	7	1	17	17	23	77
	4	0	0	11	11	17	74
	6	0	0	4	3	10	61

1) Van toepassing bij een tweeploegendienst.  
2) Weekendverlaging. Bij voorkeur een langere opwarmtijd toestaan na de weekendverlaging.

**Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking**De toeslag voor bedrijfsbeperking  $\Phi_{hu}$  volgt uit:

Bij systemen met natuurlijke toevoer van ventilatielucht:

$$\Phi_{hu} = \Phi_{op}$$

Bij systemen met mechanische toevoer van ventilatielucht:

$$\Phi_{hu} = \Phi_{op} - \alpha \cdot H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (3.28)$$

Indien  $\Phi_{hu} < 0$  dan  $\Phi_{hu} = 0$ .

Waarin:

$\Phi_{op}$	= toeslag voor bedrijfsbeperking	[W]
$H_v$	= specifiek warmteverlies door ventilatie volgens paragraaf 3.6.2	[W]
$\theta_i$	= ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 3.1	[°C]
$\theta_e$	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\alpha$	= fractie uit te schakelen mechanische toevoer van ventilatielucht bij nachtbedrijf	[-]

## 3.8 Som van de gelijktijdig optredende systeemverliezen

Onder de som van de gelijktijdig optredende systeemverliezen (additionele warmtevraag)  $\Phi_{add,i}$  vallen de volgende bijdragen aan het vermogen van de warmteopwekker:

1. Het naar beneden afgegeven vermogen van vloerverwarming;
2. Het vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht;
3. Warmteverlies van leidingen in onverwarmde ruimten.

In formule weergegeven:

$$\sum_i \Phi_{add,i} = \sum_i \Phi_{vloer} + \Phi_{vv} + \Phi_{leid} \quad [W] \quad (3.29)$$

Waarin:

$\sum_i \Phi_{verlies}$	= gesommeerde warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte c.q. de warmteafgifte van wandverwarming naar buiten en/of aangrenzend pand en/of de warmteafgifte van een verwarmd plafond naar buiten/aangrenzend pand	[W]
$\Phi_{vv}$	= vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht	[W]
$\Phi_{leid}$	= warmteverlies van leidingen/luchtkanalen in onverwarmde ruimten	[W]

Opmerking: Betonkernactivering in vloeren moet berekend worden als vloerverwarming, in wanden als wandverwarming en in plafonds als plafondverwarming.

Voor  $\sum_i \Phi_{verlies}$  geldt:

$$\sum_i \Phi_{verlies} = \sum_i \Phi_{verlies1} + \sum_i \Phi_{verlies2} + \sum_i \Phi_{verlies3} \quad [W] \quad (3.30)$$

Waarin:

$\sum_i \Phi_{verlies}$	= gesommeerde warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte	[W]
$\sum_i \Phi_{verlies2}$	= gesommeerde warmteafgifte van wandverwarming naar buiten en/of aangrenzend pand	[W]
$\sum_i \Phi_{verlies3}$	= gesommeerde warmteafgifte van een verwarmd plafond naar buiten/aangrenzend pand	[W]

Hieronder wordt nader op de verschillende additionele warmtevragen ingegaan.

**Warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte**

Bij afwezigheid van vloerverwarming en vloerverwarming op verdiepingsvloeren geldt:  $\Phi_{\text{verlies1}} = 0$ .

De warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte kan bepaald worden met ISSO-publicatie 49 of kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar beneden van vloerverwarming voor geïsoleerde vloeren ( $R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) geldt:  $\Phi_{\text{verlies1}} = 0,15 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$ . Voor de overige vloeren geldt:  $\Phi_{\text{verlies1}} = 0,4 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$ .

**Warmteafgifte van wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand**

Bij afwezigheid van wandverwarming en wandverwarming op binnenwanden geldt:  $\Phi_{\text{verlies2}} = 0$ .

De warmteafgifte van wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand kan bepaald worden met ISSO-publicatie 49 of kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar buiten van wandverwarming voor geïsoleerde wanden ( $R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) geldt:  $\Phi_{\text{verlies2}} = 0,20 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$ . Voor de overige wanden geldt:  $\Phi_{\text{verlies2}} = 0,5 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$ .

**Warmteafgifte van plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand**

Bij afwezigheid van plafondverwarming en plafondverwarming op tussenvloeren geldt:  $\Phi_{\text{verlies3}} = 0$ .

De warmteafgifte van plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand kan bepaald worden met de in ISSO-publicatie 49 gegeven methode of kan worden uitgegaan van onderstaande defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar buiten van plafondverwarming voor geïsoleerde plafonds/daken ( $R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) geldt:  $\Phi_{\text{verlies3}} = 0,20 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$ . Voor de overige plafonds geldt:  $\Phi_{\text{verlies3}} = 0,5 \cdot \Phi_{\text{HL,i}}$ .

**Vermogen van de voorverwarmer**

Voor systemen zonder voorverwarming of elektrische voorverwarming geldt:  $\Phi_{\text{vv}} = 0$ .

Voor systemen met voorverwarming van de ventilatielucht tot  $\theta_t$  door een verwarmingselement geldt dat het vermogen van de voorverwarmer afhankelijk is van het al of niet toepassen van warmteterugwinning (WTW):

**Vermogen van de voorverwarmer zonder toepassing WTW**

$$\Phi_{\text{vv}} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_t - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (3.31)$$

Waarin:

$q_v$  = totale lucht volumestroom ventilatie over de voorverwarmer [m<sup>3</sup>/s]

$\theta_t$  = toevoertemperatuur ventilatielucht [°C]

$\theta_e$  = ontwerpbuitentemperatuur, welke gelijk is aan -10 °C [°C]

**Vermogen van de voorverwarmer met WTW**

$$\Phi_{\text{vv}} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_t - \theta_m) \quad [\text{W}] \quad (3.32)$$

Waarin:

$q_v$	= totale luchtvolumestroom ventilatie over de voorverwarmer	$[\text{m}^3/\text{s}]$
$\theta_t$	= toevoertemperatuur ventilatielucht	$[^\circ\text{C}]$
$\theta_m$	= temperatuur voor de voorverwarming (na WTW; zie bijlage C voor berekening van de temperatuur na de WTW)	$[^\circ\text{C}]$

### **Warmteverlies van leidingen/luchtkanalen in onverwarmde ruimten**

Bij afwezigheid van leidingen of luchtkanalen in onverwarmde ruimten geldt  $\Phi_{\text{leid}} = 0$ .

Het warmteverlies van leidingen of luchtkanalen in onverwarmde ruimte kan bepaald worden met bijlage D.

## **3.9 Som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten**

Voor het bepalen van het warmteverlies door de schil geldt voor de som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten dat deze permanent aanwezig moeten zijn door processen in het gebouw. Het gaat hierbij niet om warmtewinsten door personen in het vertrek, verlichting en andere gebruiksapparatuur als laptops, etc.

In het algemeen geldt:  $\sum_i \Phi_{\text{gain},i} = 0 \text{ W}$





## 4 Warmteverliesberekening per vertrek

### 4.1 Algemeen

Het ontwerpwarmteverlies voor een vertrek volgt uit de transmissieverliezen naar buiten (direct of indirect), het ventilatieverlies en, indien van toepassing, een toeslag voor bedrijfsbeperking. Om overdimensionering te voorkomen moeten alleen die warmtebehoeften in rekening gebracht worden die gelijktijdig optreden. Het is van belang hierover met de opdrachtgever afspraken te maken.



Het warmteverlies van een vertrek  $\Phi_{HL,i}$  volgt uit:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i} \quad [W] \quad (4.1)$$

Met

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4.2)$$

Waarin:

$\Phi_{T,i}$	= warmteverlies door transmissie van vertrek i	[W]
$\Phi_{V,i}$	= warmteverlies door buitenluchttoetreding van vertrek i (zie paragraaf 4.7)	[W]
$\Phi_{hu,i}$	= toeslag voor bedrijfsbeperking van vertrek i (zie paragraaf 4.8)	[W]
$\Phi_{gain,i}$	= warmtewinst van vertrek i (zie paragraaf 4.9)	[W]
$H_{T,ie}$	= specifiek warmteverlies naar buitenlucht (zie paragraaf 4.2)	[W/K]
$H_{T,iae}$	= specifiek warmteverlies naar onverwarmde aangrenzend vertrek (zie paragraaf 4.3)	[W/K]
$H_{T,ia}$	= specifiek warmteverlies naar verwarmde aangrenzend vertrek (zie paragraaf 4.4)	[W/K]
$H_{T,iaBE}$	= specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand (zie paragraaf 4.5)	[W/K]
$H_{T,ig}$	= specifiek warmteverlies naar de bodem (zie paragraaf 4.6)	[W/K]
$\theta_i$	= ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
$\theta_e$	= ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]

**Opmerking:** Het warmteverlies door buitenluchttoetreding is het vermogen benodigd voor het verwarmen van de lucht die het beschouwde vertrek binnenkomt en een temperatuur heeft die afwijkt van de vertrektemperatuur.

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding wordt bepaald door ventilatie (al dan niet bewust) en infiltratie.

Bij het bepalen van het totaal in een vertrek te installeren vermogen worden vertrekken per etage/woonlaag beschouwd. Het verdelen van het te installeren vermogen over een vertrek vindt plaats bij het ontwerpen van het systeem en wordt daar behandeld. Zie ISSO-publicatie 49 voor vloer- en wandverwarming [2], ISSO-publicatie 58 voor luchtverwarming [3] en ISSO-publicatie 66 voor radiatoren- en convectorenverwarming [4].

## 4.2 Specifiek warmteverlies naar de buitenlucht

Voor het specifieke warmteverlies  $H_{T,ie}$  van het vertrek naar de buitenlucht via de aan de buitenlucht grenzende omhulling geldt:

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (4.3)$$

Waarin:

- $A_k$  = oppervlak van de uitwendige scheidingsconstructie k bepaald volgens 2.2 [m<sup>2</sup>]
- $U_k$  = warmtedoorgangscoefficiënt van de uitwendige scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $\Delta U_{TB}$  = toeslag voor thermische bruggen volgens tabel 3.1 [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- $f_k$  = correctie voor verwarmde vlakken of temperatuurgradiënten [-]

Voor de waarde van  $f_k$  geldt:

- $f_k = 0$  voor het verwarmde deel van wand/vloer/plafond bij wand-/vloer- of plafondverwarming c.q. betonkernactivering
- $f_k = 1$  voor buitenwanden/schuine daken

Voor klimaatramen:

$$f_k = \frac{\theta_i - \theta_{sp}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.4)$$

Voor vloeren boven buitenlucht:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.5)$$

Voor platte daken:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.6)$$

Waarin:

- $\theta_i$  = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]
- $\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]
- $\theta_{sp}$  = temperatuur in de luchtspouw van het klimaatraam [°C]
- $\Delta\theta_1$  = temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]
- $\Delta\theta_2$  = temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

Voor  $\theta_{sp}$  geldt:

$$\theta_{sp} = 0,5(\theta_{afz} + \theta_i + \Delta\theta_v) \quad [°C] \quad (4.7)$$

Waarin:

$\theta_{afz}$	=	temperatuur van afgezogen lucht na het klimaatraam	[°C]
$\theta_i$	=	ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
$\Delta\theta_v$	=	correctie luchttemperatuur volgens tabel 2.3	[K]

Met:

$$\theta_{afz} = \theta_i + \Delta\theta_v - \frac{0,15}{d + 0,05} \cdot [(\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) \cdot \{c_1 + c_2 \cdot (h - 1)\}] \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (4.8)$$

Waarin:

$c_1, c_2$	=	constante (zie tabel 4.1)	[-]
$h$	=	glashoogte	[m]
$d$	=	spouwbreedte	[m]
$\theta_i$	=	ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
$\theta_e$	=	ontwerpbuitentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\Delta\theta_v$	=	correctie luchttemperatuur volgens tabel 2.3	[K]

De waarden voor  $c_1$  en  $c_2$ , volgen uit tabel 4.1.

**Tabel 4.1 c-waarden**

Luchtsnelheid in spouw [m/s]		
0,10	0,15	0,20
$c_1 = 0,17$	$c_1 = 0,14$	$c_1 = 0,12$
$c_2 = 0,10$	$c_2 = 0,09$	$c_2 = 0,08$

Let op: Bij klimaatramen voor  $U_k$  (in formule 4.3) alleen de U-waarde van de binnenruit nemen en niet de U-waarde van het gehele klimaatraam.

## 4.3 Specifiek warmteverlies naar verwarmd vertrek in hetzelfde gebouw

Voor het specifieke warmteverlies  $H_{T,ia}$  van het aangrenzende verwarmde vertrek in hetzelfde gebouw (zowel naastgelegen als boven- of ondergelegen) geldt:

$$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{i,a,k}) \quad [\text{W/K}] \quad (4.9)$$

Waarin:

$A_k$  = oppervlak van scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_k$  = warmtedoorgangscoefficiënt van scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_{i,a,k}$  = correctiefactor ter correctie temperatuurverschil tussen ontwerp-buitentemperatuur en temperatuur aangrenzend gebouw en voor verwarmde vlakken waarbij rekening gehouden wordt met een temperatuurgradiënt [-]

Voor de correctiefactor  $f_{i,a,k}$  geldt:

$f_{i,a,k} = 0$  voor verwarmde vlakken (dit geldt ook voor vlakken die aan de andere zijde verwarmd zijn; bijvoorbeeld het plafond als in boven liggende vertrek vloerverwarming is toegepast)

Voor wanden:

$$f_{i,a,k} = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.10)$$

Voor de vloer naar ondergelegen vertrek:

$$f_{i,a,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - (\theta_a + \Delta\theta_{a1})}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.11)$$

Voor het plafond naar bovengelegen vertrek:

$$f_{i,a,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - (\theta_a + \Delta\theta_{a2})}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.12)$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerp-binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]

$\theta_e$  = ontwerp-buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

$\theta_a$  = ontwerp-binnentemperatuur aangrenzende ruimte [°C]

$\Delta\theta_1$  = temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

$\Delta\theta_{a1}$  = temperatuurcorrectie voor aangrenzend vertrek door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

$\Delta\theta_2$  = temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

$\Delta\theta_{a2}$  = temperatuurcorrectie voor aangrenzend vertrek door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

## 4.4 Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimten

Het specifieke warmteverlies  $H_{T,iae}$  naar de buitenlucht via aangrenzende onverwarmde ruimten (bijvoorbeeld kruipruimte, garage, trappenhuis of onverwarmde berging) volgt uit:

$$H_{T,iae} = \sum_i (A_k \cdot U_k \cdot f_k) \quad [W/K] \quad (4.13)$$

Waarin:

$A_k$  = oppervlakte van scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_k$  = warmtedoorgangscoefficiënt van scheidingsconstructie k bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_k$  = correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerp buitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte [-]

De correctiefactor  $f_k$  volgt uit tabel 4.2 of nadat de temperatuur  $\theta_a$  in de aangrenzende ruimte berekend is met behulp van de warmtebalans uit bijlage F uit:

$f_k = 0$  voor het verwarmde deel van de wand/vloer/plafond bij wand-/vloer- of plafondverwarming c.q. betonkernactivering (onder het plafond hangende stralingspanelen worden niet beschouwd als plafondverwarming (hierbij is het warmteafgevend systeem in het plafond opgenomen))

Voor wanden:

$$f_k = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.14)$$

Voor vloeren:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.15)$$

Voor plafonds:

$$f_k = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.16)$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

$\Delta\theta_1$  = temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

$\Delta\theta_2$  = temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

$\theta_a$  = ontwerp binnentemperatuur aangrenzend vertrek dat tot het gebouw behoort [°C]

**Tabel 4.2 Correctiefactor  $f_k$  voor warmteverlies via onverwarmde ruimten met onbekende binnentemperatuur**

Onverwarmde ruimte			f <sub>k</sub>
Vertrek of groep aangrenzende ruimten/vertrekken	1 Externe scheidingsconstructie/buitenwand		0,4
	2 Externe scheidingsconstructies	Zonder buitendeur	0,5
		Met buitendeur	0,6
	3 Of meer externe scheidingsconstructies		0,8
Kelder <sup>1)</sup>	Zonder ramen en/of deuren in externe scheidingsconstructie		0,5
	Met ramen en/of deuren in externe scheidingsconstructie		0,8
Ruimte onder het dak	Hoog infiltratievoud in de ruimte; bijv. pannendak zonder folielaag		1,0
	Overige niet geïsoleerde daken		0,9
	Geïsoleerde daken		0,7
Gemeenschappelijke verkeersruimte	Interne ruimte zonder buitenwanden en ventilatievoud < 0,5		0,0
	Vrij geventileerd (A <sub>opening</sub> / V > 0,005)		1,0
	Overige gevallen		0,5
Vloer	Vloer boven kruipruimte;	Zwak geventileerd <sup>2)</sup>	0,6
		Matig geventileerd <sup>2)</sup>	0,8
		Sterk geventileerd <sup>2)</sup>	1,0

1) Een ruimte wordt als kelder beschouwd wanneer minimaal 70% van de externe scheidingsconstructie onder het maaiveld ligt.

2) Zwak geventileerd: openingen in de luchtlaag ≤ 1000 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> luchtlaagoppervlakte  
Matig geventileerd: openingen in de luchtlaag > 1000 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> maar ≤ 1500 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> luchtlaagoppervlakte  
Sterk geventileerd: openingen in de luchtlaag > 1500 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> luchtlaagoppervlakte

## 4.5 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand

Het specifieke warmteverlies  $H_{T,iaBE}$  naar vertrekken van aangrenzende (naastgelegen, boven- en/of ondergelegen) gebouwen volgt uit:

$$H_{T,iaBE} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k}) \quad [\text{W/K}] \quad (4.17)$$

Waarin:

$A_k$  = oppervlakte wand/vloer/plafond k bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_k$  = warmtedoorgangscoefficiënt van wand/vloer/plafond k bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_{ia,k}$  = correctiefactor voor aanpassing temperatuurverschil tussen ontwerp binnentemperatuur en ontwerpbuitentemperatuur resp. temperatuur aangrenzende ruimte [-]

Voor de waarde van de correctiefactor  $f_{ia,k}$  geldt:

$f_{ia,k} = 0$  voor het verwarmde deel van de wand/vloer/plafond bij wand-/vloer- of plafondverwarming c.q. betonkernactivering

Voor wanden:

$$f_{i,a,k} = \frac{\theta_i - \theta_b}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.18)$$

Voor vloeren:

$$f_{i,a,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_b}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.19)$$

Voor plafonds:

$$f_{i,a,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_1) - \theta_b}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.20)$$

Waarin:

$\theta_i$	= ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
$\theta_e$	= ontwerpbutentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\theta_b$	= temperatuur in de aangrenzende gebouw	[°C]
$\Delta\theta_1$	= temperatuur verhoging door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3	[K]
$\Delta\theta_2$	= temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3	[K]

Voor de temperatuur  $\theta_b$  van het aangrenzende gebouw geldt:

1.  $\theta_b$  volgt uit berekening met behulp van de warmtebalans volgens bijlage F.2;
2. Forfaitaire waarden voor  $\theta_b$ :
  1.  $\theta_b = 15$  °C aangrenzende kantoren en winkels en bovengelegen woningen;
  2.  $\theta_b = 5$  °C indien aangrenzend pand vorstvrij wordt gehouden;
  3.  $\theta_b = \theta_e$  voor aangrenzende stallingsruimten.

## 4.6 Specifiek warmteverlies naar de grond

Het specifieke warmteverlies  $H_{T,ig}$  door uitwendige scheidingsconstructies (wanden en vloeren) in contact met de grond volgt uit:

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) \quad [W/K] \quad (4.21)$$

Waarin:

$A_k$	= oppervlakte van vlak k, dat in contact is met de grond bepaald volgens paragraaf 2.2	[m <sup>2</sup> ]
$U_{equiv,k}$	= equivalente warmtedoorgangscoefficiënt van vlak k	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$f_{gw}$	= grondwaterfactor	[-]
$f_{ig,k}$	= correctiefactor voor afwijkend temperatuurverschil tussen ontwerpbinrentemperatuur en ontwerpbutentemperatuur resp. jaargemiddelde butentemperatuur	[-]

Voor de grondwaterfactor  $f_{gw}$  geldt:

$f_{gw} = 1$  indien de grondwaterspiegel  $\geq 1$  m onder het vloerniveau gelegen is

$f_{gw} = 1,15$  voor de overige gevallen



Voor de correctiefactor  $f_{ig,k}$  geldt:

$f_{ig,k} = 0$  voor het, door de verwarming van het beschouwde vertrek, verwarmde deel van wand/vloer/plafond bij wand-/vloerverwarming c.q. betonkernactivering dat in contact is met de grond

Voor wanden:

$$f_{ig,k} = \frac{\theta_i - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.22)$$

Voor vloeren:

$$f_{ig,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.23)$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

$\theta_{me}$  = jaarlijks gemiddelde buitentemperatuur (= 9 °C) [°C]

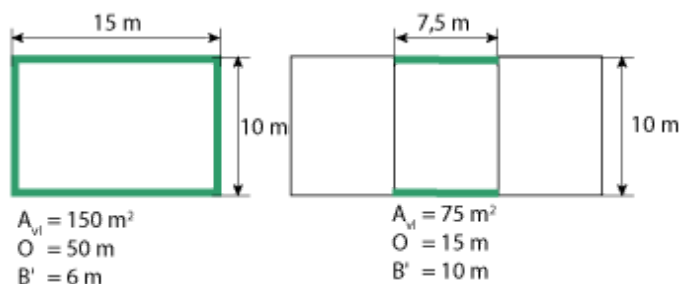
$\Delta\theta_2$  = temperatuurcorrectie door temperatuurgelaagdheid volgens tabel 2.3 [K]

### Bepalen van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt $U_{equiv,k}$

Het bepalen van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{equiv,k}$  vindt plaats op gebouwniveau.

Bepaal hulpwaarde  $B'$ :

1. Bepaal voor het gehele gebouw het vloeroppervlak  $A_{vl}$ ;
2. Bepaal voor het gehele gebouw de lengte  $O$  van aan de buitenlucht grenzende vlakken en de lengte grenzend aan onverwarmde gebouwen (zie afb. 4.1);
3. Bepaal de hulpwaarde  $B'$  volgens  $B' = 2A_{vl}/O$  waarbij geldt  $2 \leq B' \leq 50$ .



Afb. 4.1 Toelichting bij bepalen hulpwaarde  $B'$

De equivalente warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{equiv,k}$  volgt uit:

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3}} + d \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (4.24)$$

Waarin:

a, b, c, d, n	= parameter volgend uit tabel 4.3	[-]
B'	= geometrische factor	[m]
z	= diepte vloer onder maaiveld met $0 \leq z \leq 5$ m; indien $z > 5$ m dan $z = 5$ m	[m]
$U_k$	= warmtedoorgangscoefficiënt van de wand of vloer in contact met de grond	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
$\Delta U_{TB}$	= toeslag voor thermische bruggen volgens tabel 3.1	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]

#### Opmerkingen:

1. Bij vloeren met verschillende U-waarden in de beganegrondvloer moet uitgegaan worden van een oppervlaktegewogen gemiddelde U-waarde bij de bepaling van  $U_{equiv,k}$ ;
2. Bij wanden onder de grond wordt met één z-waarde gerekend (dus met één  $U_{equiv,k}$ ), ook als er meerdere lagen onder de grond liggen.

**Tabel 4.3 Parameters voor de bepaling van  $U_{equiv,k}$**

	a	b	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	d
Vloer	0,9671	-7,455	10,76	9,773	0,0265	0,5532	0,6027	-0,9296	-0,0203
Wand	0,799	-6,7951	0 <sup>1)</sup>	26,586	0,1523	0 <sup>1)</sup>	0,5012	-0,1406	-1,074

1) In het bepalen van het warmteverlies door wanden heeft B' geen invloed; vanwege de rekenkundige integriteit mag B' niet gelijk zijn aan nul.

## 4.7 Warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het warmteverlies ten gevolge van buitenluchttoetreding wordt bepaald door:

1. Infiltratie;
2. Ventilatie.

Paragraaf 4.7.4 geeft de voor de warmteverliesberekening in rekening te brengen warmteverlies door buitenluchttoetreding.

Opmerking: In het Bouwbesluit wordt vereist dat er ook spuiventilatie aanwezig is. Hiermee hoeft in de warmteverliesberekening geen rekening te worden gehouden.

### 4.7.1 Infiltratiewarmteverlies

Infiltratie wordt gedefinieerd als alle lucht die het gebouw binnenkomt op een andere manier dan door mechanische toevoer of door ventilatievoorzieningen als bijvoorbeeld roosters.

Het infiltratiewarmteverlies  $\Phi_i'$  volgt uit:

$$\Phi_i' = H_i \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4.25)$$

Waarin:

$H_i$	= specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie	[W/K]
$\theta_i$	= ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
$\theta_e$	= ontwerpbutentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]

Het specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie  $H_i$  volgt uit:

$$H_i = z \cdot q_i \cdot \rho \cdot c_p \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (4.26)$$

Waarin:

$c_p$	= soortelijke warmte van lucht bij constante druk	[J/(kg·K)]
$f_v$	= correctiefactor voor lagere luchttemperatuur dan de ontwerpbinrentemperatuur	[-]
$q_i$	= luchtvolumestroom infiltratie	[m³/s]
$\rho$	= soortelijke massa van lucht bij $\theta_i$	[kg/m³]
$z$	= reductiefactor volgens tabel 4.4	[-]

**Tabel 4.4 Waarden voor reductiefactor  $z$**

Omschrijving	$z$
Vertrek met één buitengevel of twee niet tegenover elkaar liggende buitengevels	1
Vertrek met twee tegenover elkaar liggende buitengevels	0,5
Overige gevallen	0,7

Voor de Nederlandse omstandigheden kan (4.26) worden vereenvoudigd tot:

$$H_i = z \cdot q_i \cdot 1200 \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (4.27)$$

Voor de luchtvolumestroom infiltratie  $q_i$  voor gebouwen met een bekende  $q_{v,10,kar}$ -waarde volgt uit:

$$q_i = q_{is} \cdot A_u \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (4.28)$$

Waarin:

$A_u$	= oppervlakte van de uitwendige scheidingsconstructie (excl. plat dak) bepaald volgens paragraaf 2.2	[m²]
$q_{is}$	= specifieke infiltratie volgens tabel 4.5	[m³/s per m²]

Voor de luchtvolumestroom infiltratie  $q_i$  voor gebouwen met een onbekende  $q_{v,10,kar}$ -waarde volgt uit:

$$q_i = q_{is} \cdot A_g \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (4.29)$$

Waarin:

- $A_g$  = gebruiksoppervlakte volgens het Bouwbesluit (= vloeroppervlakte) [m<sup>2</sup>]  
 $q_{is}$  = specifieke infiltratie volgens formule 4.31 [m<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup>]

Voor correctiefactor  $f_v$  geldt:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.30)$$

Waarin:

- $\theta_i$  = ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 2.2 [°C]  
 $\theta_e$  = ontwerpbuitentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]  
 $\Delta\theta_v$  = correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.3 [K]

Voor gebouwen waarvan de  $q_{v,10,kar}$ -waarde (zoals gebruikt bij de EPC-berekening) bekend is, volgt de waarde van  $q_{is}$  uit tabel 4.5.

Let er op dat in tabel 4.5 de  $q_{v,10,kar}$  per vierkante meter gebruiksoppervlak en de specifieke infiltratie per vierkante meter geveloppervlak wordt gegeven.

**Tabel 4.5 Waarden voor specifieke infiltratie lucht volumestroom  $q_{is}$  in m<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> geveloppervlak (incl. beglazing en deuren)**

$q_{v,10,kar}$ [dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> <sub>gebruiksopp.</sub> )]	Infiltratie maatgevend kantoor [m <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> <sub>gevelopp.</sub> )] Gebouwhoogte $h^1$ [m]				
	≤ 3 m	3 < h ≤ 6	6 < h ≤ 20	20 < h ≤ 30	> 30 m
Kleiner dan 0,20	0,00026	0,00034	0,00043	0,00051	0,00062
Van 0,20 tot 0,40	0,00039	0,00050	0,00063	0,00077	0,00092
Van 0,40 tot 0,60	0,00064	0,00082	0,00103	0,00126	0,00149
Van 0,60 tot 0,80	0,00088	0,00111	0,00140	0,00172	0,00200
Van 0,80 tot 1,00	0,00109	0,00138	0,00175	0,00213	0,00251
Groter dan 1,0	0,00118	0,00151	0,00189	0,00232	0,00273

1) De gebouwhoogte  $h$  is gedefinieerd als de hoogte boven het maaiveld van de bovenste verdiepingvloer.

Voor gebouwen waarvan de  $q_{v,10,kar}$ -waarde onbekend is, volgt de waarde van  $q_{is}$  uit:

$$q_{is} = f_{wind} \cdot f_{type} \cdot f_{inf} \cdot (0,23 \cdot q_{i,spec}) \quad [m^3/s \text{ per } m^2] \quad (4.31)$$

Waarin:

- $f_{wind}$  = correctiefactor voor invloed van de winddruk geïnduceerde infiltratie [-]  
 $f_{type}$  = correctiefactor voor gebouwafhankelijke winddrukverdeling volgens tabel 4.6 [-]  
 $f_{inf}$  = correctiefactor voor invloed van ventilatievoorziening op de infiltratie volgens tabel 4.7 [-]  
 $q_{i,spec}$  = specifieke lucht volumestroom infiltratie afhankelijk van het bouwtype en bouwjaar [m<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup>]

Voor de correctiefactor  $f_{wind}$  geldt:

$$f_{\text{wind}} = \max \left[ 1; \left\{ 0,01 \cdot \left( 24 + 0,555 \cdot \sqrt{L^2 + B^2} + 4,5 \cdot H \right) \right\}^{0,65} \right] \quad [-] \quad (4.32)$$

Waarin:

L	=	lengte van het gebouw	[m]
B	=	breedte van het gebouw	[m]
H	=	hoogte van het gebouw	[m]

**Tabel 4.6 Waarde voor  $f_{\text{type}}$**

Gebouwtype		$f_{\text{type}}$
Eénlaagse gebouwen met kap	Grondgebonden, één laag, gebouweenheden met verscheidene bouwlagen in open verbinding bijv. grondgebonden kantoorvilla's	1,0
Eénlaagse gebouwen met plat dak	Grondgebonden, één laag, gebouweenheden met verscheidene bouwlagen in open verbinding bijv. grondgebonden kantoorvilla's	0,77
Gebouwen met meer lagen <sup>1)</sup>	Standaard	0,51
	Volgevel binnengalerij aan één zijde	0,48
	Dubbele huidgevel met onderbroken tussenruimte	0,46
	Dubbele huidgevel met doorlopende tussenruimte	0,15
1) Het onderscheid in de factoren $f_{\text{type}}$ naar geveltype geldt uitsluitend indien de tussenruimten per etage (dus in verticale zin) luchttechnisch zijn gescheiden. Indien dit niet het geval is, geldt voor alle geveltypen van deze kantooretages de standaardwaarde $f_{\text{type}} = 0,51$ .		

**Tabel 4.7 Waarde voor  $f_{\text{inf}}$**

Ventilatiesysteem		$f_{\text{inf}}$
A	Systemen met natuurlijke toe- en afvoer	0,80
B	Systemen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer	0,85
C	Systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	1,0
D	Systemen met mechanische toe- en afvoer; gebalanceerde ventilatie	1,15
E	Zones met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer en zones met lokale WTW, CO <sub>2</sub> -sturing op afvoer voor ruimtes met lokale WTW	1,08

Voor de specifieke luchtvolumestroom infiltratie  $q_{i,\text{spec}}$  geldt:

$$q_{i,\text{spec}} = f_{\text{typ}} \cdot f_{\text{jaar}} \cdot q_{i,\text{spec, reken}} \quad [\text{m}^3/\text{s per m}^2] \quad (4.33)$$

Waarin:

$f_{\text{typ}}$	=	invloedfactor voor gebouwtype/ligging volgens tabel 4.8	[-]
$f_{\text{jaar}}$	=	invloedfactor voor de leeftijd van het gebouw	[-]
$q_{i,\text{spec, reken}}$	=	specifieke luchtvolumestroom infiltratie volgens tabel 4.9	[m <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> ]

De invloedfactor voor de leeftijd van het gebouw  $f_{\text{jaar}}$  volgt uit:

$$f_{\text{jaar}} = 0,4 + 0,033e^{(0,05 \cdot (2060 - J))} \quad [-] \quad (4.34)$$

Waarin:

$J$  = bouwjaar  $[-]$

**Tabel 4.8 Invloedfactor  $f_{typ}$**

Situatie		$f_{typ}$ [-]
Enkellaags gebouw	Tussengelegen	1,0
	Kop-, eind-, hoekligging	1,2
	Vrijstaand	1,4
Meerlaags gebouw	Gehele gebouw	1,2
	Topetage/bovenste etage	1,3
	Tussengelegen etages	1,2
	Onderste etage/begane grond	1,1

**Tabel 4.9 Rekenwaarde specifieke lucht volumestroom infiltratie**

Omschrijving gebouwtype	$q_{i,spec, reken}$ [m <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> ]
Eén laag met kap	0,0010
Eén laag met half plat dak	0,00085
Eén laag met plat dak	0,0007
Meerlaags gebouw	0,0005

## 4.7.2 Ventilatiewarmteverlies

Ventilatie wordt gedefinieerd als alle lucht die in een gebouw wordt toegevoerd door middel van mechanische of natuurlijke ventilatievoorzieningen.

Het ventilatiewarmteverlies  $\Phi_{vent}$  volgt uit:

$$\Phi_{vent} = H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4.35)$$

Waarin:

$H_v$  = specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie  $[W/K]$

$\theta_i$  = ontwerp binnentemperatuur volgens paragraaf 2.5  $[^{\circ}C]$

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur bepaald conform paragraaf 2.6  $[^{\circ}C]$

Het specifieke warmteverlies ten gevolge van ventilatie  $H_v$  volgt uit:

$$H_v = q_v \cdot \rho \cdot c_p \cdot f_v \quad [W/K] \quad (4.36)$$

Waarin:

$q_v$	= volumestroom ventilatielucht	[m <sup>3</sup> /s]
$\rho$	= soortelijke massa van lucht	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c_p$	= soortelijke warmte van de lucht bij constante druk	[J/(kg·K)]
$f_v$	= correctiefactor voor hogere intrede temperaturen dan de buitentemperatuur of correctie voor lagere luchttemperatuur dan de ontwerpbinrentemperatuur	[-]

Voor de Nederlandse omstandigheden kan (4.14) worden vereenvoudigd tot:

$$H_v = q_v \cdot 1200 \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (4.37)$$

Voor de waarde van de temperatuurcorrectiefactor  $f_v$  voor toevoertemperaturen c.q. lagere luchttemperatuur in ruimte dan ontwerpbinrentemperatuur (ontwerpbinrentemperatuur is de operationele temperatuur; zie paragraaf 2.5) geldt:

$f_v = 0$  voor alle systemen met toevoertemperaturen hoger dan de ontwerpbinrentemperatuur (bijv. luchtverwarming)

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de toevoerlucht c.q. verwarmde lucht uit een andere ruimte:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.38)$$

Voor alle systemen met natuurlijke toevoer of mechanische toevoer zonder voorverwarming van de buitenlucht:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (4.39)$$

Waarin:

$\theta_i$	= ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5	[°C]
$\theta_e$	= ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\theta_t$	= toevoertemperatuur ventilatielucht (zie par. 4.7.3)	[°C]
$\Delta\theta_v$	= correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.3	[K]

**Opmerkingen:**

1. Bij luchtverwarming wordt de ventilatielucht in de luchtverwarmer verwarmd. De lucht wordt met een hogere temperatuur dan de ontwerpbinrentemperatuur toegevoerd. In het vertrek is dus geen warmte nodig om de ventilatielucht op te warmen. Het vermogen voor het opwarmen van de ventilatielucht moet bij het bepalen van het vermogen van de luchtverwarmer in rekening gebracht worden;
2. Bij toepassing van WTW en een klimaatraam is de ventilatielucht al voor een deel gekoeld in het klimaatraam. Voor het bepalen van de inblaastemperatuur bij het WTW-systeem moet voor de vertrekken met een klimaatraam worden uitgegaan van lucht van 10 °C i.p.v. de ontwerpbinrentemperatuur.

De toevoertemperatuur  $\theta_t$  en de volumestroom ventilatie  $q_v$  zijn afhankelijk van het toegepaste ventilatiesysteem en worden per systeem toegelicht. Minimumeisen voor  $q_v$  volgend uit het Bouwbesluit worden in tabel 4.10 gegeven. Het Bouwbesluit gaat uit van ventilatie-eisen per persoon. Tabel 4.11 geeft richtwaarden voor het aantal aan te houden personen per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak. Gebruik deze waarden indien het aantal personen niet door de opdrachtgever is opgegeven en neem dit op in de aanbidding/offerte.

Opmerking: Ventilatie is het toe- en afvoeren van ventilatielucht. Er moet niet alleen gekeken worden of per vertrek aan de eisen voldaan wordt, maar ook voor het gebouw als geheel moet er evenveel lucht worden toe- als afgevoerd. Het maken van een ventilatiebalans op gebouwniveau is dus voor ieder systeem noodzakelijk.

**Tabel 4.10 Minimaal vereiste lucht volumestromen ventilatie voor nieuwbouw en bestaande bouw volgens het Bouwbesluit**



Functie	Minimumeis volgens Bouwbesluit			Opmerkingen
	Nieuwbouw		Bestaand	
	dm³/s pp	pers. /m²	dm³/s pp	
Bijeenkomstfunctie Gebruiksfunctie voor het samenkomen van mensen voor kunst, cultuur, godsdienst, communicatie, kinderopvang, verstrekken van consumpties voor gebruik ter plaatse en het aanschouwen van sport				
Eetruimte	4	0,125	2,12	0,3 bij sport
Bar	4	0,125	2,12	
Bedrijfsrestaurant	4	0,125	2,12	
Kantine	4	0,125	2,12	
Toeschouwersruimte	4	0,125/0,3	2,12	
Bibliotheek	4	0,125	2,12	
Museum	4	0,125	2,12	
Bioscoop	4	0,125	2,12	
Concertzaal	4	0,125	2,12	
Schouwburg/theater	4	0,125	2,12	
Casino	4	0,125	2,12	
Vergaderruimte	6,5	0,05	3,44	
Kantoorfunctie Gebruiksfunctie voor administratie				
Kantoorruimte	6,5	0,05	3,44	
Receptie	6,5	0,05	3,44	
Celfunctie Gebruiksfunctie voordwangverblijf van mensen				
Cel niet voor dag- en nachtverblijf	12	0,05	6,4	0,125 bij bezoekersruimte
Cel voor dag- en nachtverblijf	12	0,05	6,4	
Andere ruimte	6,5	0,125/0,05	3,44	
Gezondheidszorgfunctie Gebruiksfunctie voor medisch onderzoek, verpleging, verzorging of behandeling				
Patiëntenkamer	12	0,125	3,44	
Ontwaakkamer	12	0,125	3,44	
Intensive care	12	0,125	3,44	
Operatiekamer	12	0,05	3,44	
Onderzoekruimte	6,5	0,05	3,44	
Fysiotherapie	6,5	0,05	3,44	
Sectieruimte	6,5	n.v.t.	3,44	
Logiesfunctie Gebruiksfunctie voor het bieden van recreatief verblijf of tijdelijk onderdak voor mensen				
Hotelkamer	12	0,05	6,4	
Onderwijsfunctie Gebruiksfunctie voor het geven van onderwijs				
Lesruimte	8,5	0,125	3,44	zie NEN 1089
Collegezaal	8,5	0,125	3,44	

Werkplaats	6,5	0,125	3,44	
Bureauruimte	6,5	0,05	3,44	
Gymzaal	6,5	n.v.t.	3,44	
Aula	6,5	0,125	3,44	
Sportfunctie Gebruiksfunctie voor het beoefenen van sport				
Sportzaal	6,5	n.v.t.	3,44	
Bowlingruimte	6,5	n.v.t.	3,44	
IJsvloerspeelruimte	6,5	n.v.t.	3,44	
Zwembad	6,5	n.v.t.	3,44	
Industriefunctie Gebruiksfunctie voor het bedrijfsmatig bewerken of opslaan van materialen en goederen of voor agrarische doeleinden				
Industrie algemeen	6,5	n.v.t.	3,44	afh. van MAC-waarde
Verfspuitinrichting	6,5	n.v.t.	3,44	
Accurruimte	6,5	n.v.t.	3,44	
Winkelfunctie Gebruiksfunctie voor het verhandelen van materialen, goederen of diensten				
Apotheek	4	n.v.t.	2,12	
Beautyshop	4	n.v.t.	2,12	
Bibliotheek	4	n.v.t.	2,12	
Bloemist	4	n.v.t.	2,12	
Kapper	4	n.v.t.	2,12	
Postkantoor	4	n.v.t.	2,12	
Supermarkt	4	n.v.t.	2,12	
Warenhuis	4	n.v.t.	2,12	
Slagerij	4	n.v.t.	2,12	
Verkoopruimte	4	n.v.t.	2,12	
Wasserete	4	n.v.t.	2,12	
Winkelpassage	–	n.v.t.	–	
Overige gebruiksfuncties				
Wachtruimte	–	n.v.t.	–	1) bij max. 50 m² geldt 3 dm³/s per m²
Perrons	–	n.v.t.	–	
Keukens		n.v.t.	–	
Stallen van motorvoertuigen	1)	n.v.t.	–	

Naast de toevoer van ventilatielucht in de verschillende ruimten, zijn er ook ruimten waar luchtafvoer moet plaatsvinden. Het gaat hierbij met name om ruimten als toiletten (afvoer minimaal 7 dm<sup>3</sup>/s), badkamers/douches (afvoer minimaal 14 dm<sup>3</sup>/s per douche). Ruimten voor het bereiden van voedsel voor groepen mensen vallen buiten de reikwijdte van deze ISSO-publicatie. Zie hiervoor ISSO-publicatie 112 Grootkeukenventilatie [18].

Omdat sprake is van luchttoe- en -afvoer in verschillende vertrekken moet een luchtbalans voor het gebouw opgesteld worden, zodat voor iedere ruimte duidelijk is hoeveel lucht van buiten komt en hoeveel overstrom er is uit andere ruimten.

**Tabel 4.11 Minimaal aan te houden aantal personen per m<sup>2</sup>**

Gebruiksfunctie		Ten minste aan te houden aantal personen per m <sup>2</sup> verblijfsgebied
Bijeenkomstfunctie	Voor het aanschouwen van sport	0,3
	Andere gebruiksfunctie	0,125
Celfunctie	Voor bezoekers	0,125
	Andere celfunctie	0,05
Gezondheidszorgfunctie	Met bedgebied	0,125
	Andere gezondheidszorgfunctie	0,05
Industriefunctie		n.v.t.
Kantoorfunctie		0,05
Logiesfunctie		0,05
Onderwijsfunctie		0,125
Sportfunctie		n.v.t.
Winkelfunctie		n.v.t.
Overige gebruiksfunctie		n.v.t.
Bouwwerk geen gebouw zijnde		n.v.t.

Voor situaties waar continu een deur open staat (bijv. winkel, restaurant) wordt de extra volumestroom  $q_{ve}$  die moet worden opgeteld bij de hoeveelheid luchttoetreding bepaald door:

$$q_{ve} = 0,83 \cdot B \cdot H \cdot (1 - KSE) \quad [m^3/s] \quad (4.40)$$

Waarin:

B = breedte van de opening [m]

H = hoogte van de opening [m]

KSE = rendement van luchtgordijn volgens tabel 4.12. Indien geen luchtgordijn: KSE = 0 [-]

Formule 4.40 geldt voor een beschutte omgeving d.w.z. winkelstraat, winkelcentrum, etc. Indien geen sprake is van een beschutte omgeving moet de luchttoetreding bepaald worden met ISSO-publicatie 110 [17].

Indien twijfel bestaat of een omgeving wel/niet beschermt is, kan dit nagegaan worden met bijlage E van ISSO-publicatie 110 [17]. Er moet dan gelden  $C_p \leq 0,38$ .

**Tabel 4.12 Waarden voor KSE [-]**

Waarde van KSE volgens ISO-2737-3 bekend?	Regeling	Ontwerpwaarde van KSE
Nee	Handmatig	0,3
Ja	Handmatig	$0,75 \cdot \text{KSE van leverancier}$
Nee	Automatisch	0,5
Ja	Automatisch	KSE van leverancier (0,6 – 0,8)

### 4.7.3 Vorstbeveiliging

Voor systemen met WTW is de toevoertemperatuur onder ontwerpcondities afhankelijk van de manier van vorstbeveiliging. Er zijn de volgende mogelijkheden:

1. Bij units die de buitenlucht voorverwarmen en normaal in bedrijf blijven, dus niet gaan aftoeren van de ventilator of werken met een onbalans tussen toe- en afvoer, mag gerekend worden met de inblaastemperatuur na de WTW ( $\theta_t$  wordt berekend met het rendement van de WTW; zie bijlage C);
2. Bij units die gedeeltelijk of geheel kunnen dichtvriezen en die daardoor een onbalans in toe- en afvoer krijgen mag niet gerekend worden met enig rendement van de WTW; immers, door de onbalans wordt meer afgezogen dan wordt toegevoerd. Deze afgezogen lucht wordt via kieren, naden etc. aangezogen en heeft gewoon de buitentemperatuur. Er geldt  $\theta_t = \theta_e$  (= ontwerp buitentemperatuur conform paragraaf 2.6);
3. Indien nog onbekend is welk type vorstbeveiliging bij de WTW wordt toegepast geldt  $\theta_t = \theta_e$  (= ontwerp buitentemperatuur conform paragraaf 2.6).

### 4.7.4 In rekening te brengen warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het voor de warmteverliesberekening in rekening te brengen warmteverlies door buitenluchttoetreding  $\Phi_{V,i}$  hangt af van het ventilatiesysteem. Voor de berekening wordt onderscheid gemaakt in systemen met:

1. Natuurlijke toevoer van ventilatielucht;
2. Mechanische toevoer van ventilatielucht.

#### Natuurlijke toevoer van ventilatielucht

$$\Phi_{V,i} = \max(\Phi_i, \Phi_{\text{vent}}) \quad [\text{W}] \quad (4.41)$$

Waarin:

$$\Phi_i = \text{warmteverlies door infiltratie bepaald conform paragraaf 4.7.1} \quad [\text{W}]$$

$$\Phi_{\text{vent}} = \text{warmteverlies door ventilatie bepaald conform paragraaf 4.7.2} \quad [\text{W}]$$

#### Mechanische toevoer van ventilatielucht

$$\Phi_{V,i} = \Phi_i + \Phi_{\text{vent}} \quad [\text{W}] \quad (4.42)$$

Waarin:

$$\Phi_i = \text{warmteverlies door infiltratie bepaald conform paragraaf 4.7.1} \quad [\text{W}]$$

$$\Phi_{\text{vent}} = \text{warmteverlies door ventilatie bepaald conform paragraaf 4.7.2} \quad [\text{W}]$$

## 4.8 Toeslag voor bedrijfsbeperking

De grootte van de toeslag voor bedrijfsbeperking  $\Phi_{op}$  volgt uit:

$$\Phi_{op} = A_{vl} \cdot \varphi_{hu,i} \quad [W] \quad (4.43)$$

Waarin:

$$A_{vl} = \text{vloeroppervlak} \quad [m^2]$$

$$\varphi_{hu,i} = \text{specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking} \quad [W/m^2]$$

De specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking  $\varphi_{hu,i}$  is afhankelijk van:

1. Mate van afkoeling tijdens de nachtverlaging;
2. Het aantal luchtwisselingen tijdens de afkoelperiode;
3. De zwaarte van het gebouw (weergegeven door  $C_{eff}$ ; zie paragraaf 2.6.1);
4. Toegestane maximale opwarmtijd;
5. Tijd dat de installatie buiten bedrijf is (dagverlaging, weekendverlaging, etc.);
6. Regime tijdens het afkoelen (vrije afkoeling of slechts enkele graden afkoelen).

### 4.8.1 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking bij vrije afkoeling

De specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking  $\varphi_{hu,i}$  volgt uit tabel 4.13. De keuze voor een hoge of lage thermische opslagcapaciteit van het gebouw volgt uit de waarde van  $c_{eff}$  die bepaald is in paragraaf 2.6. Indien  $c_{eff} \leq 70 \text{ Wh/K}$  dan is de opslagcapaciteit/zwaarte van het gebouw licht/middelzwaar (l). In de overige gevallen zwaar (z).

De specifieke effectieve thermische opslagcapaciteit  $c_{eff}$  volgt uit:

$$c_{eff} = \frac{C_{eff}}{V} \quad [Wh/(m^3 \cdot K)] \quad (4.44)$$

Waarin:

$$C_{eff} = \text{effectieve opslagcapaciteit van het gebouw (volgens vergelijking 2.10)} \quad [Wh/K]$$

$$V = \text{volume van het gebouw gebaseerd op de uitwendige afmetingen} \quad [m^3]$$

**Tabel 4.13 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking  $\varphi_{hu,i}$  [W/m<sup>2</sup>] bij vrije afkoeling**

Aantal uren verlaging		8 <sup>2)</sup>				14				62 <sup>3)</sup>			
Aantal luchtwisselingen <sup>1)</sup>		0,1		0,5		0,1		0,5		0,1		0,5	
Zwaarte gebouw		l	z	l	z	l	z	l	z	l	z	l	z
Opwarmtijd [h]	0,5	63	16	74	26	88	38	91	56	92	-	92	-
	1	34	10	43	16	50	29	50	43	55	100	55	-
	2	14	3	21	8	28	18	28	29	32	86	32	-
	3	5	0	10	2	17	12	18	21	23	73	23	94
	4	0	0	3	0	11	7	12	15	17	64	17	84
	6	0	0	0	0	3	1	5	5	10	52	10	70
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	31	2	45

1) Indien de ramen en deuren gesloten zijn en de installatie is uitgeschakeld, kan worden uitgegaan van 0,1.

2) Van toepassing bij een tweeploegendienst.

3) Weekendverlaging. Bij voorkeur een langere opwarmtijd toestaan na de weekendverlaging.

## 4.8.2 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking bij beperkte afkoeling

De specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking  $\varphi_{hu,i}$  volgt uit tabel 4.14. De keuze voor een hoge of lage thermische opslagcapaciteit van het gebouw volgt uit de waarde van  $c_{eff}$  die bepaald is in paragraaf 2.6. Indien  $c_{eff} \leq 70$  Wh/K dan is de opslagcapaciteit/zwaarte van het gebouw laag (l). In de overige gevallen medium/hoog (h).

Tabel 4.14 Specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking  $\varphi_{hu,i}$  [W/m<sup>2</sup>] bij beperkte afkoeling

Aantal graden verlaging		1				2				3				4				5			
Aantal luchtwisselingen <sup>1)</sup>		0,1		0,5		0,1		0,5		0,1		0,5		0,1		0,5		0,1		0,5	
Zwaarte gebouw		l	z	l	z	l	z	l	z	l	z	l	z	l	z	l	z	l	z	l	z
Opwarmtijd [h]	0,5	12	12	14	18	27	28	29	35	39	44	44	53	50	60	58	69	-	-	-	-
	1	8	8	10	14	19	21	21	28	26	34	32	43	33	48	41	56	-	-	-	-
	2	5	5	7	11	10	15	13	22	15	25	21	33	20	35	28	43	43	85	47	94
	3	3	3	5	10	7	12	10	19	9	20	15	27	14	29	21	37	33	75	37	84
	4	2	2	4	9	5	10	8	17	7	18	13	25	10	26	17	34	28	72	31	76

1) Indien de ramen en deuren gesloten zijn en de installatie is uitgeschakeld, kan worden uitgegaan van 0,1.

### 4.8.3 Toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking

Bij een periode van nachtverlaging/bedrijfsbeperking wordt ervan uitgegaan dat de mechanische toevoer van de ventilatie in de nachtstand staat of uitgeschakeld wordt. Hierdoor is een deel van het vermogen, bedoeld voor het dekken van het ventilatiewarmteverlies, beschikbaar voor opwarmen.

Het toe te rekenen deel van de toeslag voor bedrijfsbeperking  $\Phi_{hu,i}$  volgt uit:

$\Phi_{hu,i} = \Phi_{op}$  bij systemen zonder mechanische toevoer van ventilatielucht

Bij systemen met mechanische toevoer van ventilatielucht waarbij geldt dat indien  $\Phi_{hu,i} < 0$  dan  $\Phi_{hu,i} = 0$ :

$$\Phi_{hu,i} = \Phi_{op} - \alpha \cdot H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (4.45)$$

Waarin:

$H_v$  = specifiek warmteverlies t.g.v. ventilatie volgens paragraaf 4.7.2 [W]

$\theta_i$  = ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]

$\theta_e$  = ontwerpbutentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

gedeelte van de ventilatie dat tijdens nachtbedrijf/opwarmen uitgeschakeld wordt:

$\alpha$  =  $\alpha = 1$  bij opwarmen zonder mechanische toevoer van butenlucht [-]

$\alpha = 0$  bij opwarmen met mechanische ventilatie

## 4.9 Warmtewinst in vertrek

Voor het bepalen van het warmteverlies voor een ruimte geldt voor warmtewinsten t.g.v. processen in het gebouw dat deze permanent aanwezig moeten zijn. Het gaat hierbij niet om warmtewinsten t.g.v. personen in het vertrek, verlichting en andere gebruiksapparatuur als laptops, etc. Zijn er permanent aanwezige warmtewinsten, dan kunnen deze desgewenst

verrekend worden via  $\sum_i \Phi_{gain,i}$ . In het algemeen geldt echter:

$$\sum_i \Phi_{gain,i} = 0 \quad [W] \quad (4.46)$$





## 5 Bepaling van het aansluitvermogen

De in hoofdstuk 4 besproken warmteverliesberekening geeft als resultaat het te installeren vermogen per vertrek. Het aansluitvermogen is meestal niet gelijk aan het gesommeerde vermogen per vertrek. Hoe het aansluitvermogen bepaald moet worden, wordt voor de volgende gevallen uitgewerkt:

1. Gebouw met een individuele installatie (zie paragraaf 5.1);
2. Gebouwen aangesloten op een collectieve installatie:
  1. Aansluitwaarde per gebouw (zie paragraaf 5.2);
  2. Bijdrage aan vermogen collectieve warmteopwekker (zie paragraaf 5.3).

### 5.1 Gebouw met individuele installatie

Het aansluitvermogen van een gebouw met een individuele installatie  $\Phi_{source}$  volgt uit:

$$\Phi_{source} = \sum_i [\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,iaBE} + \Phi_{T,ig}] + \Phi_{Ven} + \sum_i \Phi_{hu,i} + \sum_i \Phi_{add,i} - \sum_i \Phi_{gain,i} \quad [W] \quad (5.1)$$

Waarin:

$\sum_i$	= sommatie over de verschillende vertrekken	[-]
$\Phi_{T,ie}$	= warmteverlies naar buiten van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.2	[W]
$\Phi_{T,iae}$	= warmteverlies naar onverwarmde aangrenzende ruimten van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.4	[W]
$\Phi_{T,iaBE}$	= ontwerpwarmteverlies naar aangrenzend pand van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.5	[W]
$\Phi_{T,ig}$	= warmteverlies van vertrek i naar de bodem i bepaald conform paragraaf 4.6	[W]
$\Phi_{Ven}$	= warmteverlies door buitenluchttoetreding (zie paragraaf 5.1.1)	[W]
$\Phi_{hu,i}$	= toeslag voor bedrijfsbeperking van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.8	[W]
$\sum_i \Phi_{add,i}$	= som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag (zie paragraaf 5.1.2)	[W]
$\sum_i \Phi_{gain,i}$	= som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten (zie paragraaf 4.9)	[W]

#### 5.1.1 Warmteverlies door buitenluchttoetreding

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding wordt gevormd door het warmteverlies t.g.v. infiltratie en het warmteverlies t.g.v. ventilatie:

$$\Phi_{ven} = \left( \left( z \cdot \sum_i H_i \right) + H_{v,build} \right) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (5.2)$$

Waarin:

$\sum_i$	= sommatie over de verschillende vertrekken	[-]
$H_i$	= specifiek warmteverlies door infiltratie van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.7.1	[W/K]
$H_{v,build}$	= specifiek warmteverlies door ventilatie op gebouwniveau	[W/K]
$z$	= toe te rekenen fractie van de infiltratie	[W/K]
$\theta_i$	= ontwerpbinnetemperatuur conform paragraaf 2.5	[°C]
$\theta_e$	= ontwerpbinnetemperatuur bepaald conform paragraaf 2.6	[°C]

Voor het warmteverlies voor ventilatie op gebouwniveau  $H_{v,build}$  geldt:

$$H_{v,build} = q_{v,build} \cdot 1200 \cdot f_v \quad [W/K] \quad (5.3)$$

Waarin:

$q_{v,build}$	= volumestroom ventilatielucht op gebouwniveau	[m³/s]
$f_v$	= correctiefactor afhankelijk van de toevoertemperatuur	[-]

De lucht volumestroom ventilatie van de verschillende systemen dat op gebouwniveau wordt toegevoerd, wordt onderstaand toegelicht. Bij systemen die automatisch geregeld worden op luchtkwaliteit en/of luchtvochtigheid (vraagsturing), is de volumestroom ventilatie op gebouwniveau niet gelijk aan de som van de maximale lucht volumestromen per ruimte. Hierna wordt ingegaan op het bepalen van de maximale lucht volumestromen en de daaruit volgende warmtebehoefte op gebouwniveau. De volumestroom ventilatielucht  $q_{v,build}$  wordt als volgt bepaald:

1. Natuurlijke toevoer van ventilatielucht:  $q_{v,build} = \sum_i q_v$  ;
2. Bij systemen met mechanische luchttoevoer:
  1. Decentrale mechanische toevoer:  $q_{v,build} = \sum_i q_v$  ;
  2. Centrale mechanische toevoer:  $q_{v,build}$  volgt uit de lucht volumestroom in hoogstand van de ventilatie-unit.

Opmerking: Indien de lucht volumestroom van de toe- of afvoerventilator nog niet bekend is, moet worden uitgegaan van  $q_{v,build} = \sum_i q_v$

Waarin:

$\sum_i$	= sommatie over de verschillende vertrekken	[-]
$q_v$	= volumestroom ventilatielucht bepaald conform paragraaf 4.7.2	[m³/s]

Opmerking: Bij systemen die automatisch geregeld worden op luchtkwaliteit en/of luchtvochtigheid (vraagsturing), is de lucht volumestroom ventilatie op gebouwniveau niet gelijk aan de som van de maximale lucht volumestromen per ruimte. Hierna wordt ingegaan op het bepalen van de maximale lucht volumestromen en de daaruit volgende warmtebehoefte op gebouwniveau.

Voor de waarde van de correctiefactor  $f_v$  voor toevoertemperaturen c.q. lagere luchttemperatuur door stralingscompensatie in de ruimte dan de ontwerpbinrentemperatuur geldt:

$f_v = 0$  voor alle systemen met toevoertemperaturen hoger dan de ontwerpbinrentemperatuur (bijv. luchtverwarming)

Voor systemen met WTW of voorverwarming van de toevoerlucht c.q. verwarmde lucht uit een andere ruimte:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (5.4)$$

Voor alle systemen met natuurlijke toevoer of mechanische toevoer zonder voorverwarming van de buitenlucht:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (5.5)$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.5 [°C]

$\theta_e$  = ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.6 [°C]

$\theta_t$  = toevoertemperatuur ventilatielucht [°C]

$\Delta\theta_v$  = correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.3 [K]

De toevoertemperatuur  $\theta_t$  voor systemen met WTW volgt uit paragraaf 4.7.3.

De toe te rekenen fractie  $z$  voor het bepalen van de hoeveelheid infiltratie die in rekening moet worden gebracht is ingevoerd omdat er bij de bepaling van het infiltratiewarmteverlies per vertrek van uitgegaan is dat de wind op de betreffende buitengevel staat. Doordat de wind niet op alle buitengevels tegelijk staat wordt teveel infiltratiewarmteverlies in rekening gebracht als de waarden per vertrek zouden worden gesommeerd. Dit wordt gecorrigeerd door de gesommeerde infiltratiewarmteverlies met factor  $z$  te vermenigvuldigen. De waarde van fractie  $z$  volgt uit tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Waarde van de fractie  $z$**

Omschrijving	Fractie $z$
Systemen met volledig gescheiden warmteopwekkers per zone	1
Overige gevallen	0,5

## 5.1.2 Som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag

Onder de som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag  $\sum_i \Phi_{add,i}$  vallen de volgende bijdragen aan het vermogen van de warmteopwekker:

1. Het naar beneden afgegeven vermogen van vloerverwarming op de begane grond/wandverwarming naar buiten/aangrenzend pand en/of plafondverwarming naar buiten/aangrenzend pand;
2. Het vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht;
3. Warmteverlies van leidingen/kanalen in onverwarmde ruimten.

In formule weergegeven:

$$\sum_i \Phi_{add,i} = \sum_i \Phi_{verlies} + \Phi_{vv} + \Phi_{leid} \quad [W] \quad (5.6)$$

Waarin:

$$\sum_i \Phi_{verlies} = \text{gesommeerde warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte} \quad [W]$$

$$\Phi_{vv} = \text{vermogen van de voorverwarmer van ventilatielucht} \quad [W]$$

$$\Phi_{leid} = \text{warmteverlies van leidingen/luchtkanalen in onverwarmde ruimten} \quad [W]$$

Hieronder wordt nader op de verschillende additionele warmtevragen ingegaan.

### Warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte

Bij afwezigheid van vloerverwarming en vloerverwarming op verdiepingsvloeren boven andere gebouwen geldt:  $\Phi_{verlies} = 0$ .

De warmteafgifte van vloerverwarming naar de bodem/kruipruimte kan bepaald worden met ISSO-publicatie 49 of kan worden uitgegaan van defaultwaarden.

Voor de defaultwaarde voor de warmteafgifte naar beneden van vloerverwarming is voor geïsoleerde vloeren ( $R_c \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ) geldt:  $\Phi_{verlies} = 0,2 \cdot \Phi_{HL,i}$ . Voor ongeïsoleerde vloeren geldt:  $\Phi_{verlies} = 0,5 \cdot \Phi_{HL,i}$ .

### Vermogen van de voorverwarmer

Voor systemen zonder voorverwarming of elektrische voorverwarming geldt:  $\Phi_{vv} = 0$ .

Voor systemen met voorverwarming van de ventilatielucht tot  $\theta_t$  door een verwarmingselement geldt dat het vermogen van de voorverwarmer afhankelijk is van het al of niet toepassen van warmteterugwinning (WTW):

Vermogen van de voorverwarmer zonder toepassing WTW:

$$\Phi_{vv} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_t - \theta_e) \quad [W] \quad (5.7)$$

Waarin:

$$q_v = \text{totale volumestroom ventilatielucht over de voorverwarmer} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$\theta_t = \text{toevoertemperatuur ventilatielucht} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$\theta_e = \text{ontwerpbuitentemperatuur, welke gelijk is aan } -10 \text{ } ^\circ\text{C} \quad [^\circ\text{C}]$$

## Vermogen van de voorverwarmer met WTW:

$$\Phi_{vv} = q_v \cdot 1200 \cdot (\theta_t - \theta_m) \quad [\text{W}] \quad (5.8)$$

Waarin:

$q_v$	= totale volumestroom ventilatielucht over de voorverwarmer	$[\text{m}^3/\text{s}]$
$\theta_t$	= toevoertemperatuur ventilatielucht	$[^\circ\text{C}]$
$\theta_m$	= temperatuur voor de voorverwarming (na WTW; zie bijlage C voor berekening van de temperatuur na de WTW)	$[^\circ\text{C}]$

## Warmteverlies van leidingen/luchtkanalen in onverwarmde ruimten

Bij afwezigheid van leidingen of luchtkanalen in onverwarmde ruimten geldt  $\Phi_{\text{leid}} = 0$ .

Het warmteverlies van leidingen of luchtkanalen in onverwarmde ruimte kan bepaald worden met bijlage D.

Opmerking: Leidingen opgenomen in de dekvloer geven ook warmte af. Dit kan tot gevolg hebben dat, wanneer er geen maatregelen getroffen worden, de verwarmingslichamen in het vertrek onvoldoende warmte afgeven. Voor meer informatie zie ISSO-publicatie 108 [19].

## 5.2 Gebouwen met collectieve installaties

Om overdimensionering van de collectieve warmteopwekker te voorkomen mag per gebouw geen warmteverlies naar de burens in rekening gebracht worden aan de collectieve warmteopwekker.

De bijdrage van een gebouw aan het benodigde vermogen  $\Phi_{\text{source}}$  van een collectieve installatie volgt uit:

$$\Phi_{\text{source}} = \sum_i [\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,ig}] + \Phi_{\text{Ven}} + \sum_i \Phi_{\text{op},i} + \sum_i \Phi_{\text{add},i} - \sum_i \Phi_{\text{gain},i} \quad [\text{W}] \quad (5.9)$$

Waarin:

$\sum_i$	= sommatie over de verschillende vertrekken	$[-]$
$\Phi_{T,ie}$	= warmteverlies naar buitenlucht van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.2	$[\text{W}]$
$\Phi_{T,iae}$	= warmteverlies naar onverwarmde aangrenzende ruimten van vertrek i bepaald conform paragraaf 4.4	$[\text{W}]$
$\Phi_{T,ig}$	= ontwerpwarmteverlies van vertrek i naar de grond conform paragraaf 4.6	$[\text{W}]$
$\Phi_{\text{Ven}}$	= warmteverlies door buitenluchttoetreding (zie paragraaf 5.1.1)	$[\text{W}]$
$\sum_i \Phi_{\text{op},i}$	= som van de toeslagen voor bedrijfsbeperking conform paragraaf 4.8	$[\text{W}]$
$\sum_i \Phi_{\text{add},i}$	= som van de gelijktijdig optredende additionele warmtevraag (zie paragraaf 5.1.2)	$[\text{W}]$
$\sum_i \Phi_{\text{gain},i}$	= som van de gelijktijdig optredende warmtewinsten (zie paragraaf 4.10)	$[\text{W}]$



# 6 Voorbeeld

## 6.1 Schilberekening

### Gegevens

Kantoorgebouw met als hoofdafmetingen:

Lengte: 50 m.

Breedte: 20 m.

Hoogte: 21 m.

Het glaspercentage in de buitengevels is 35%. Het betreft zonwerend glas met binnenzonwering.

Het kantoorgebouw heeft een centraal trappenhuis/centrale liftvoorziening met daarbij ook de toiletten.

In het midden van de twee vleugels loopt een 2,8 m brede gang.

Het gebouw is voorzien van mechanische ventilatie met WTW. Verwarmd wordt door middel van ht-radiatoren. Warmteopwekking door een HR-ketel.

De ontwerpbinnetemperatuur in de winter is 21 graden.

Het is een gebouw heeft de gewichtsklasse licht.

### Gegevens van de isolatiewaarden:

Vloer: begane grond boven een kruipruimte;  $R_c = 3,5 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ . Grondwater dieper dan 1 m onder het maaiveld.

Buitenwand ondoorzichtige delen:  $R_c = 4,5 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ .

Ramen (incl. kozijn):  $U = 1,7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ .

Dak:  $R_c = 6 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ .

### Overige gegevens:

Infiltratie:  $0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$  per  $\text{m}^2$  geveloppervlak.

Ventilatie:  $21950 \text{ m}^3/\text{h}$  tijdens de bedrijfstijd. Inblaastemperatuur  $10,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

WTW met thermisch rendement 66%.

Inblaastemperatuur in de winter  $21 \text{ graden}$ .

Opwarmtijd: 4 uur.

10 uur bedrijfstijd per dag.

### Gevraagd

Bepaal het warmteverlies van het gebouw met de schilmethode.

De ontwerpbinnetemperatuur is gelijk aan  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Bepalen ontwerpbinnetemperatuur.

De tijdconstante  $\tau$  van het gebouw volgt uit:

$$\tau = C_{\text{eff}}/H = c_{\text{eff}} \cdot V/H \quad [\text{h}] \quad (6.1)$$

De waarde van  $c_{\text{eff}}$  volgt uit tabel 2.4:  $c_{\text{eff}} = 15$

Het volume  $V$  van het gebouw is  $50 \times 20 \times 21 = 21000 \text{ m}^3$

Het specifieke warmteverlies  $H$  van het gebouw volgt uit:

$$H = \Sigma H_{T,ie} + \Sigma H_{T,iaBE} + \Sigma H_{T,iae} + \Sigma H_{T,ig} + H_v \quad [W/K] \quad (6.2)$$

Omdat het een vrijstaand gebouw betreft geldt:

$$\Sigma H_{T,iaBE} = 0$$

$$\Sigma H_{T,iae} = 0$$

$$\Sigma H_{T,ie} = \Sigma_k (A_k \cdot (U_k + 0,1)) = 0,65 \times (50 + 50 + 20 + 20) \times 21 \times (0,214 + 0,1) + 0,35 \times (50 + 50 + 20 + 20) \times 21 \times (1,7 + 0,1)$$

$$\Sigma H_{T,ie} = 2452 \text{ W/K}$$

$$\Sigma_k H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot 0,37) = 1,45 \times 1000 \times 0,18 \times 1 \times 0,37 = 96 \text{ W/K}$$

Inblaastemperatuur na de WTW = 10,5 °C. Hieruit volgt  $f_v = 0,339$

$$H_v = 1200 \cdot q_v \cdot f_v = 1200 \times (0,5 \times 21000/3600) \times 0,339 = 1187$$

$$H = 2452 + 96 + 1187 = 3735 \text{ W/K}$$

$$\text{De tijdconstante } \tau = 15 \times 21000 / 3735 = 84,3 \text{ uur}$$

Hieruit volgt voor de ontwerp buitentemperatuur:

$$\theta_e = -10 + (0,016 \cdot 84,3 - 0,8) = -9,5 \text{ °C}$$

Het warmteverlies van een gebouw volgt uit:

$$\Phi_{HL,Build} = \sum_i [\Phi_{T,ie} + \Phi_{T,iae} + \Phi_{T,iaBE} + \Phi_{T,ig}] + \Phi_{V,build} + \sum_i \Phi_{hu,i} + \sum_i \Phi_{add,i} - \sum_i \Phi_{gain,i} \quad [W] \quad (6.3)$$

$$\Sigma \Phi_{T,ie} = \Sigma H_{T,ie} \cdot (\theta_i - \theta_e) = 2452 \times 30,5 = 74,8 \text{ kW}$$

$$\Sigma \Phi_{T,iae} = 0 \text{ (vrijstaand pand)}$$

$$\Sigma \Phi_{T,iaBE} = 0 \text{ (vrijstaand pand)}$$

Warmteverlies door de vloer:

$$\text{Hulpwaarde } B' = 2000/140 = 14,29$$

$$U_{equiv} \text{ volgt uit: } U_{equiv} = 0,17$$

$$f_{ig} = 0,36$$

$$\Sigma \Phi_{T,ig} = \Sigma H_{T,ig} \cdot (\theta_i - \theta_e) = 2,7 \text{ kW}$$

Het totale warmteverlies door transmissie is  $74,8 + 2,7 = 77,5 \text{ kW}$ .

Warmteverlies door buitenluchttoetreding:

$$\Phi_{V,build} = (H_i + H_v) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (6.4)$$

$$H_i = 0,0015 \times 1470 \times 1200 = 2.646 \text{ W/K}$$

$$q_v = 21950/3600 = 6,1 \text{ m}^3/\text{s}. \text{ Inblaastemperatuur } 10,5 \text{ °C dus } f_v = 0,344. H_v = 6,1 \times 0,344 \times 1200 = 2.556 \text{ W/K}$$

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding is  $(2.646 + 2.556) \times 30,5 = 158,6 \text{ kW}$ .



De toeslag voor bedrijfsbeperking:

4 uur opwarmtijd: uit tabel 3.6 volgt een toeslag van 11 W/m<sup>2</sup> vloeroppervlak.

$$\sum_i \Phi_{h,u,i} = 6000 \cdot 11 = 66 \text{ kW}$$

$\sum_i \Phi_{add,i} = 0$  (geen systeemaftgiften naar beneden door vloerverwarming of leidingen in onverwarmde ruimten of het vermogen van de voorverwarmer)

Er zijn geen warmtewinsten dus  $\sum_i \Phi_{gain,i} = 0$ .

Het benodigde vermogen volgt uit de maximaal gelijktijdig optredende warmtevraag. Uitgaande van een uitgeschakelde mechanische ventilatie tijdens het opwarmen volgt het maximum uit:

Transmissie warmteverlies + infiltratiewarmteverlies + toeslag voor bedrijfsbeperking of transmissiewarmteverlies + infiltratiewarmteverlies + ventilatiewarmteverlies.

Transmissie warmteverlies + infiltratiewarmteverlies + toeslag voor bedrijfsbeperking = 77,5 + 80,7 + 66 = 224,2 kW

Of:

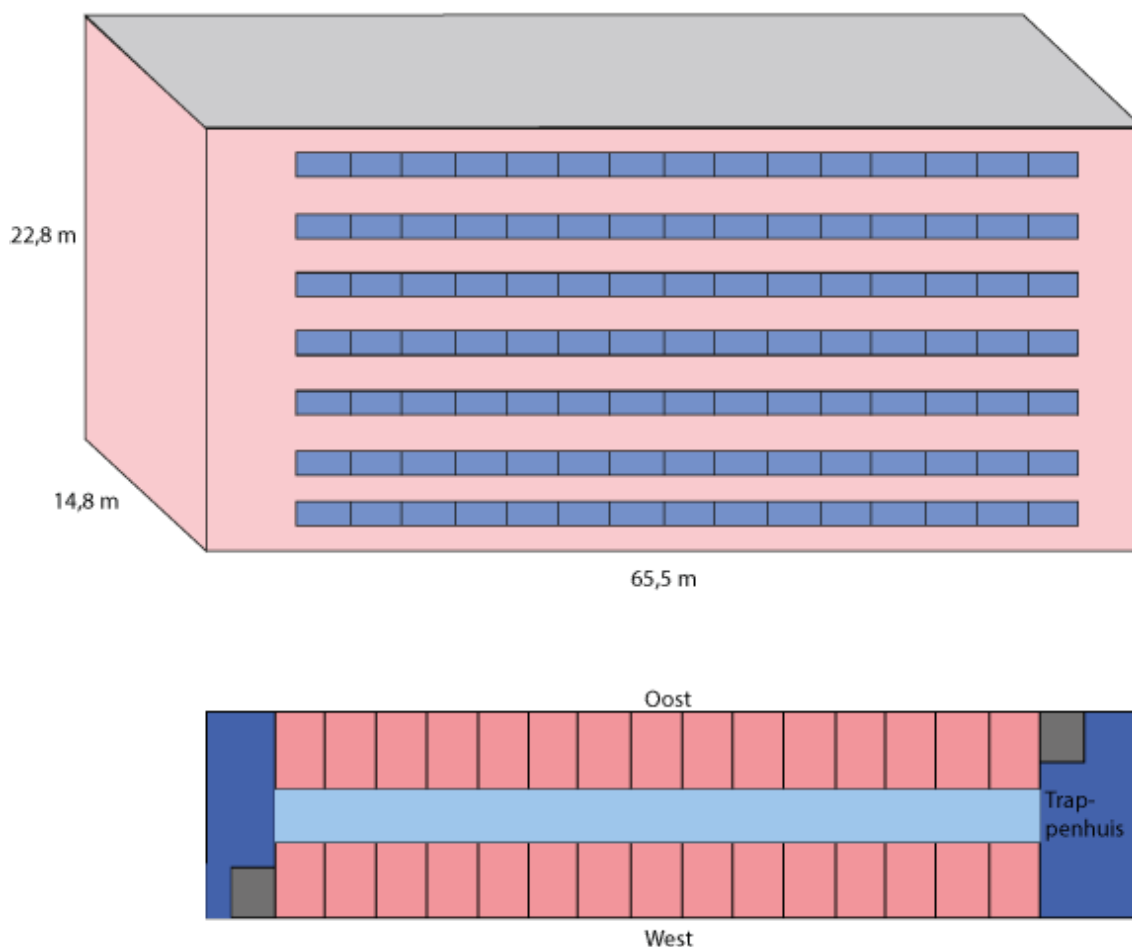
Transmissiewarmteverlies + infiltratiewarmteverlies + ventilatiewarmteverlies = 77,5 + 158,6 = 236,1 kW

Het te installeren vermogen in het gebouw is 236,1 kW.

## 6.2 Gedetailleerde berekening

Het (kantoor)gebouw kan worden bestempeld als een middelgroot modulenkantoor. De verdere gebouwgegevens zijn:

1. Afmetingen: 65,5 x 14,8 x 22,8 m;
2. Volume:  $V = 22100 \text{ m}^3$ ;
3. Omhullende oppervlak:  $A_o = 5600 \text{ m}^2$  (voorgevel 1494 m<sup>2</sup>, zijgevel 337 m<sup>2</sup>, dak 969 m<sup>2</sup>);
4. Vormfactor:  $A_o/V = 0,25 \text{ m}^{-1}$ ;
5. Vloeroppervlak:  $A_{vl} = 6783 \text{ m}^2$ ;
6. Aantal verdiepingen: 7 (verdiepingshoogte is 2,70 m tot het verlaagde, thermisch gesloten, plafond);
7. Indeling verdieping: kantoormodulen aan beide gevels met daartussen verkeersruimte;
8. Aantal kantoormodulen:  $n = 210$ ;
9. Oriëntatie hoofdgevel: oost/west georiënteerd;
10. Totaal raamoppervlak:  $A_{raam} = 1200 \text{ m}^2$  (op beide gevels 600 m<sup>2</sup>) waarvan 75% glas;
11. Luchtdoorlatendheid:  $q_{v-10} = 2127 \text{ dm}^3/\text{s}$  ( $q_{v10}/A_g = 0,30$ ).



Afb. 6.1 Voorbeeld kantoorgebouw

#### Beschrijving van de kantoormodulen

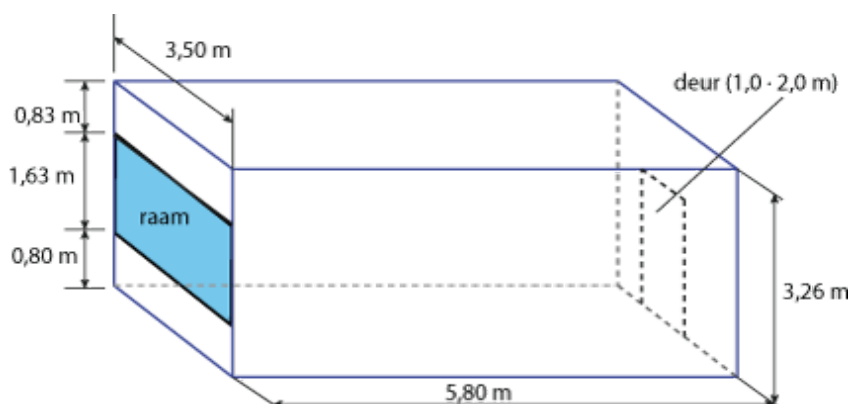
Het gebouw omvat 210 kantoormodulen, verdeeld over 7 verdiepingen en over 2 oriëntaties, met andere woorden: 15 modules per verdieping op elk van de 2 oriëntaties.

De afmetingen van een moduul staan weergegeven in afbeelding 6.2 (afmetingen hart-op-hart): 3,50 x 3,26 x 5,80 m. De inwendige maten zijn 3,4 x 2,7 x 5,50 m.

De kantoorvertrekken zijn voorzien van verlaagde plafonds. Gekozen wordt voor de forfaitaire methode.

Dit wil zeggen dat de verlaagde plafonds verwaarloosd worden. De cursief weergegeven lagen van de constructies worden niet meegenomen bij het bepalen van de U-waarde.

De trappenhuizen zijn uitwendig 6,5 meter breed en 14,8 m diep. De inwendige maten zijn 6,25 m breed, 14,3 m diep. De hoogte is 2,85 m.



Afb. 6.2 Afmetingen van een kantoormoduul

### Overige gegevens

Het gebouw is mechanisch geventileerd ( $50 \text{ m}^3/\text{h}$  per persoon) en voorzien van WTW met 80% rendement. Uitgegaan wordt van twee personen per vertrek.

Voor de luchtdoorlatendheid van het gebouw geldt een  $q_{v,10 \text{ kar}}$  van  $0,30 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{\text{gebruiksopp}})$ .

Voor het berekenen van het warmteverlies door uitwendige scheidingsconstructies wordt uitgegaan van de forfaitaire methode bij het in rekening brengen van de lineaire thermische bruggen.

De ontwerpbinnentemperatuur van de kantoorvertrekken volgt uit tabel 2.1 en is  $20^\circ\text{C}$ .

De ontwerpbinnentemperatuur van de verkeersruimte tussen de kantoormodulen is  $20^\circ\text{C}$ .

De ontwerpbinnentemperatuur van de trappenhuizen is  $15^\circ\text{C}$ .

Werktijd: 5 dagen per week en 10 uur per dag (08.00 - 18.00 uur).

De minimum nachttemperatuur is  $10^\circ\text{C}$ .

Na een weekend is de maximale opwarmtijd 4 uur en doordeweeks is de toegestane opwarmtijd maximaal 2 uur. De ventilatie wordt tijdens de bedrijfsbeperking uitgeschakeld.

Ramen en deuren zijn dan gesloten.

De vertrekken worden verwarmd m.b.v. lt-radiatoren met thermostatische afsluiters.

### Gegevens over de warmteweerstanden van de scheidingsconstructies

Tabel 6.1 Gegevens dak; weergegeven van buitenzijde naar binnenzijde

Materiaal	d	$\lambda$	$\rho$
Dakbedekking	0,012	0,300	1200
Steenwol	0,150	0,040	50
Kanaalplaatvloer	0,300	1,800	2200
Spouw/plenum	0,300 ( $R = 0,17$ )		
Verlaagd plafond	0,020	0,040	120

De U-waarde bedraagt  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Tabel 6.2 Gegevens beganegrondvloer; weergegeven van bovenzijde naar onderzijde

Materiala	d	$\lambda$	$\rho$
Afwerkvloer	0,060	1,500	2000
Isolatie EPS	0,132	0,038	50
Betonvloer	0,250	1,800	2200

De U-waarde bedraagt 0,26 W/(m<sup>2</sup>·K).

**Tabel 6.3 Gegevens tussenvloer; weergegeven van bovenzijde naar onderzijde**

Materiala	d	$\lambda$	$\rho$
Tapijt	0,010	0,170	1200
Afwerklaag	0,020	1,30	1200
Beton	0,200	1,900	2500
Spouw/plenum	0,300 (R = 0,17)		
Verlaagd plafond	0,20	0,040	120

De U-waarde bedraagt 2,43 W/(m<sup>2</sup>·K).

**Tabel 6.4 Gegevens buitengevel; weergegeven van buitenzijde naar binnenzijde**

Materiala	d	$\lambda$	$\rho$
Baksteen	0,100	1,000	1900
Luchtspouw	0,050 (R = 0,17)		
Minerale wol	0,150	0,035	35
Kalkzandsteen	0,214	1,000	2000

De U-waarde bedraagt 0,20 W/(m<sup>2</sup>·K).

### Ramen

Het raamsysteem (kozijn + beglazing) omvat 5,71 m<sup>2</sup> per kantoormoduul en loopt over de gehele breedte van het kantoormoduul. Het raamsysteem is opgebouwd uit een glasoppervlak van 4,29 m<sup>2</sup> (75%) en een kozijnoppervlak (verticale projectie) van 1,42 m<sup>2</sup> (25%).

Beglazing: U = 1,4 W/(m<sup>2</sup>·K).

Kozijn: U = 2,0 W/(m<sup>2</sup>·K).

Uit bijlage B volgt voor raam + kozijn: U = 1,7 W/(m<sup>2</sup>·K).

**Tabel 6.5 Gegevens binnenwanden**

Materiala	d	$\lambda$	$\rho$
Gipsplaat	0,015	0,250	800
Isolatie	0,100	0,035	35
Gipsplaat	0,015	0,250	800

De U-waarde bedraagt 0,15 W/(m<sup>2</sup>·K).

De deuren naar de verkeersruimte zijn geïsoleerde deuren met  $U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

### Bepaling van de tijdconstante

Dit gebeurt op gebouwniveau.

Bepalen van de effectieve opslagcapaciteit  $C_{\text{eff}}$  van het gebouw:

$$C_{\text{eff}} = 0,7 \cdot C_{\text{inwendig}} + 0,5 \cdot C_{\text{schil}} \quad [\text{J/K}] \quad (6.5)$$

Waarin:

$$C_{\text{schil}} = \sum C_{\text{constr}} \text{ over alle uitwendige scheidingsconstructies} \quad [\text{J/K}]$$

$$C_{\text{inwendig}} = \sum C_{\text{constr}} \text{ over alle inwendige constructiedelen} \quad [\text{J/K}]$$

Voor een constructie volgt de effectieve opslagcapaciteit uit:

$$C_{\text{constr}} = \sum_{i=1}^{\text{alle lagen}} (d_i \cdot A_i \cdot \rho \cdot c_p) \quad [\text{J/K}] \quad (6.6)$$

Waarin:

$d_i$  = thermisch effectieve dikte; bij steenachtige constructies 200 mm (echter nooit meer dan de helft van de totale dikte); bij gelaagde constructies de dikte van het binnenblad (tot de isolatie) en wel tot een maximum van 200 mm [m]

$A_i$  = oppervlakte van het betreffende vlak [m<sup>2</sup>]

$\rho$  = dichtheid van het materiaal [kg/m<sup>3</sup>]

$c_p$  = soortelijke warmte [J/(kg·K)]

#### *Buitengevel*

$A_i = 4400 \text{ m}^2$  (excl. ramen)

$d_i = 0,2 \text{ m}$

$\rho_i = 2000 \text{ kg/m}^3$

$c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  (tabel 2.1 uit ISSO-kleintje U- en  $R_c$ -waarden)

Hieruit volgt  $C_{\text{schil}} = 1,76 \cdot 10^9 \text{ J/K}$ .

#### *Dak*

$A_i = 969 \text{ m}^2$

$d_i = 0,06 \text{ m}$

$\rho_i = 2000 \text{ kg/m}^3$

$c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  (tabel 2.1 uit ISSO-kleintje U- en  $R_c$ -waarden)

Hieruit volgt  $C_{\text{schil}} = 0,1163 \cdot 10^9 \text{ J/K}$ .

#### *Vloer*

$A_i = 969 \text{ m}^2$

$d_i = 0,2 \text{ m}$

$$\rho_i = 2200 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 1000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \text{ (tabel 2.1 uit ISSO-kleintje U- en } R_c\text{-waarden)}$$

$$\text{Hieruit volgt } C_{\text{schil}} = 0,4264 \cdot 10^9 \text{ J/K.}$$

$$\text{Voor de totale schil geldt: } C_{\text{schil}} = 1,76 \cdot 10^9 + 0,1163 \cdot 10^9 + 0,4264 \cdot 10^9 = 2,3027 \cdot 10^9 \text{ J/K.}$$

### Binnenwanden

$$A_i = 5520 \times 2 = 11040 \text{ m}^2 \text{ (beide zijden van de binnenwanden beschouwen)}$$

$$d_i = 0,015 \text{ m}$$

$$\rho_i = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 1000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)} \text{ (tabel 2.1 uit ISSO-kleintje U- en } R_c\text{-waarden)}$$

$$C_{\text{inwendig}} = 0,1325 \cdot 10^9 \text{ J/K.}$$

$$C_{\text{eff}} = 0,7 \cdot C_{\text{inwendig}} + 0,5 \cdot C_{\text{schil}} = 1,2441 \cdot 10^9 \text{ J/K.}$$

Het specifieke warmteverlies H van het gebouw volgt uit:

$$H = \Sigma H_{T,ie} + \Sigma H_{T,iae} + \Sigma H_{T,iae} + \Sigma H_{T,ig} + H_v = \Sigma H_{T,ie} + 0 + 0 + \Sigma H_{T,ig} + H_v \quad [\text{W/K}] \quad (6.7)$$

$$\Sigma_k H_{T,ie} = \Sigma_k (A_k \cdot (U_k + 0,1)) = 4400 \cdot (0,2 + 0,1) + 1200 \cdot (1,7 + 0,1) + 969 \cdot (0,24 + 0,1) = 3.809,46 \text{ W/K}$$

$$\Sigma_k H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \cdot f_{\text{gw}} \cdot 0,37) = 1,45 \cdot 969 \cdot 0,18 \cdot 1 \cdot 0,37 = 93,58 \text{ W/K}$$

$$H_v = 1200 \cdot f_v \cdot n_v \cdot V/3600 = 1200 \cdot 0,2 \cdot 0,5 \cdot 22100/3600 = 736,67 \text{ W/K}$$

$$H = 3.809,46 + 93,58 + 736,67 = 4.639,71 \text{ W/K}$$

Tijdconstante:

$$\tau = C_{\text{eff}}/H = 2,3027 \cdot 10^9 / 4.639,71 = 496.302 \text{ s} = 137,9 \text{ uur}$$

### Bepaling ontwerp buitentemperatuur

$$\theta_e = \theta_{e,0} + \Delta\theta_{e,\tau} = -10 + \Delta\theta_{e,\tau}$$

$$\Delta\theta_{e,\tau} = 0,016 \cdot \tau - 0,8 = 0,016 \cdot 137,9 - 0,8 = 1,41 \text{ afgerond wordt dit } 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De ontwerp buitentemperatuur  $\theta_e$  wordt dus -8,5 graden.

### Bepalen warmteverlies

Voor het bepalen van het warmteverlies van het gebouw moeten de volgende kantoormodulen beschouwd worden:

1. Beganegrondmodulen: een tussenmoduul en een hoekmoduul (grenzend aan het trappenhuis);
2. Verdiepingsmodulen: een tussenmoduul en een hoekmoduul (grenzend aan het trappenhuis);
3. Dakmodulen: een tussenmoduul en een hoekmoduul (grenzend aan het trappenhuis).

## Beganegrondmoduul; tussenmoduul

Het benodigde vermogen voor het verwarmen van een ruimte bestaat uit 3 delen:

1. Transmissiewarmteverlies  $\Phi_{T,i}$ ;
2. Warmteverlies door buitenluchttoetreding  $\Phi_{V,i}$ ;
3. In rekening te brengen toeslag voor bedrijfsbeperking  $\Phi_{hu,i}$ .

Het transmissiewarmteverlies  $\Phi_{T,i}$  volgt uit:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [W] \quad (6.8)$$

Het verlies door de buitenwanden  $H_{T,ie}$  volgt uit:

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot f_k \cdot (U_k + 0,1)) \quad [W] \quad (6.9)$$

Ingevuld wordt dit:

Buitenwand:	$A_k \cdot U_k \cdot f_k = 5,70 \times (0,2 + 0,1) \times 1$	=	1,71 W/K
Raam:	$A_k \cdot U_k \cdot f_k = 5,70 \times (1,7 + 0,1) \times 1$	=	10,26 W/K
			_____ +
		$H_{T,ie} =$	11,97 W/K

Het warmteverlies naar aangrenzende verwarmde ruimten  $H_{T,ia}$  volgt uit:

$$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak}) \quad [W] \quad (6.10)$$

Ingevuld wordt dit:

Vertrek rechts:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 18,90 \times 0,15 \times 0$	=	0
Vertrek links:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 18,90 \times 0,15 \times 0$	=	0
Vertrek boven:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 18,7 \times 2,43 \times 0,105$	=	4,77 W/K
Verkeersruimte wand:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 9,41 \times 0,15 \times 0$	=	0
Verkeersruimte deur:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 2,0 \times 2,0 \times 0$	=	0
			_____ +
		$H_{T,ia} =$	4,77 W/K

Toelichting op bepaling  $f_{iak}$ :

Voor de naastgelegen vertrekken:  $f_{iak} = 0$  (zelfde temperatuur)

Voor het plafond:

$$f_{iak} = \frac{(20 + 2) - (20 - 1)}{28,5} = \frac{3}{28,5} = 0,105$$

Het warmteverlies naar onverwarmde ruimten  $H_{T,iae} = 0$  (geen aangrenzende onverwarmde ruimten).

Het warmteverlies naar aangrenzend gebouw  $H_{t,iaBE} = 0$  (vrijstaand kantoorgebouw).  
Het warmteverlies naar de grond  $H_{T,ig}$  volgt uit:

$B' = 2A_{vl}/O = 12,07$  (moet bepaald worden voor het gehele gebouw).

$U_{equiv,k}$  volgt uit:

$$U_{equiv,k} = \frac{0,9671}{-7,455 + (10,76 + 12,07)^{0,5532} + (9,773 + 0)^{0,6027} + (0,0265 + 0,26 + 0,05)^{-0,9296}} - 0,0203 = 0,177$$

$$f_{ig,k} = \frac{(\theta_i + \Delta\theta_2) - \theta_{me}}{\theta_i - \theta_e} = \frac{(20 - 1) - 9}{28,5} = \frac{10}{28,5} = 0,351$$

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot f_{ig,k}) = 1,45 \times 18,7 \times 0,177 \times 1 \times 0,351 = 1,69 \text{ W/K}$$

Het warmteverlies door transmissie is gelijk aan:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) = (11,97 + 4,77 + 0 + 0 + 1,69) \times 28,5 = 525 \text{ W}$$

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding  $\Phi_v$  wordt bepaald door:

1. Infiltratie;
2. Ventilatie;
3. Ventilatie-eisen;
4. Type ventilatiesysteem.

Het infiltratiewarmteverlies  $\Phi_i$  volgt uit:

$$\Phi_i = H_i \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (6.11)$$

$$H_i = q_i \cdot 1200 \cdot A_u \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (6.12)$$

Voor  $f_v$  geldt  $f_v = 1$  (uit tabel 2.3 volgt  $\Delta\theta_v = 0$ ).

De hoogte van het gebouw is 19,65 meter ( $22,8 - 3,25 =$  hoogte van de verdiepingsvloer).  
Hoogte dus 20 m voor infiltratieberekening (afroonden op hele meters).

Uit tabel 4.4 volgt dat  $q_i = 0,00063 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{\text{gevelopp.}}) = 0,00063 \cdot 11,41 = 0,0072 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ingevuld wordt  $H_i = 0,0072 \cdot 1200 \cdot 1 = 8,64 \text{ W/K}$ .

Hieruit volgt  $\Phi_i = 8,64 \cdot (20 - (-8,5)) = 246 \text{ W}$ .

Het ventilatiewarmteverlies  $\Phi_{vent}$  volgt uit:

$$\Phi_{vent} = H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (6.13)$$

$$H_v = q_v \cdot 1200 \cdot A_{vl} \cdot f_v \quad [\text{W/K}] \quad (6.14)$$

De luchtvolumestroom ventilatie  $q_v = 100 \text{ m}^3/\text{h} = 27,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  (is gegeven).

De vloeroppervlakte van de kantoormodule is  $5,5 \cdot 3,4 = 18,7 \text{ m}^2$ . De bezetting is 2 personen per kantoormodule.

Uit tabel 4.10 volgt de ventilatie-eis volgens het Bouwbesluit:  $6,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  per persoon.



Totaal dus  $13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  per persoon. De gegeven lucht volumestroom ventilatie is groter dan het door het Bouwbesluit vereiste minimale lucht volumestroom en voldoet dus.  
Voor de temperatuur correctiefactor  $f_v$  geldt:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (6.15)$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerp binnentemperatuur =  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  [ $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur =  $-8,5 \text{ }^\circ\text{C}$  [ $^\circ\text{C}$ ]

$\theta_t$  = toevoertemperatuur ventilatielucht na WTW-unit met een rendement van 0,8 (80%) uit  
bijlage C volgt  $\theta_t = \eta_\theta \cdot (\theta_r - \theta_e) + \theta_e = 0,8 \cdot (20 - (-10)) - 10 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$  [ $^\circ\text{C}$ ]

$\Delta\theta_v$  = temperatuurcorrectie voor stralingsinvloeden volgens tabel 2.2 =  $0 \text{ K}$  (ht-radiatoren) [K]

Hieruit volgt  $f_v = 0,2$ .

$$H_v = 27,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1200 \cdot 0,2 = 6,672 \text{ W/K}$$

$$\text{Het ventilatieverlies van een module} = \Phi_{\text{vent}} = H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 190 \text{ W.}$$

Het totale warmteverlies door buitenluchttoetreding is  $246 + 190 = 436 \text{ W}$ .

#### *Toeslag voor bedrijfsbeperking*

Er is sprake van een werkweek van 5 dagen met een werktijd van 10 uur per dag.

De minimum nachttemperatuur is 10 graden.

De kantoormodulen zijn voorzien van thermostatische afsluiters = regeling per vertrek.

De grootte van de toeslag voor bedrijfsbeperking  $\Phi_{\text{op}}$  volgt uit:

$$\Phi_{\text{op}} = A_{\text{vl}} \cdot \varphi_{\text{hu},i} \quad [\text{W}] \quad (6.16)$$

De zwaarte van het gebouw volgt uit  $c_{\text{eff}} = 1,2441 \cdot 10^9 / (65,5 \times 14,8 \times 22,8 \times 3600) = 15,6 \text{ Wh/K}$ .

Hieruit volgt dat sprake is van een gewichtsklasse I (licht gebouw).

Uit een werktijd van 10 uur per dag volgt een periode van 14 uur voor de bedrijfsbeperking.

Tijdens de bedrijfsbeperking wordt de ventilatie uitgeschakeld.

Uitgegaan wordt van de situatie dat ramen en deuren gesloten zijn. Hieruit volgt  $n = 0,1$ .

Uit tabel 4.11 volgt een specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking van  $28 \text{ W/m}^2$  voor doordeweekse dagen.

De specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking voor opwarming na een weekend is  $17 \text{ W/m}^2$ .

De hoogste van de twee is maatgevend.

De toeslag voor bedrijfsbeperking is gelijk aan  $5,8 \times 3,5 \times 28 = 568 \text{ W}$ .

Doordat de ventilatie uitgeschakeld wordt volgt de toe te rekenen toeslag voor bedrijfsbeperking uit:

$$\Phi_{\text{hu},i} = \Phi_{\text{op}} - a \cdot H_v \cdot (\theta_i - \theta_e) = 568 - 1 \times 6,672 \times 28,5 = 378 \text{ W}$$

*Totaal in het vertrek te installeren*

Het totaal in het vertrek te installeren vermogen:  $525 + 436 + 378 = 1.339 \text{ W}$ .

### Verdiepingsmoduul, tussenmoduul

Voor een verdiepingsmoduul/tussenmoduul geldt voor het grootste deel hetzelfde als voor het uitgebreid behandelde beganegrondtussenmoduul. Hier wordt alleen ingegaan op de verschillen; waarden die hetzelfde zijn worden overgenomen.

*Het transmissiewarmteverlies  $\Phi_{T,i}$  volgt uit:*

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (6.17)$$

Aangezien het een verdiepingsmoduul betreft geldt nu  $H_{T,ig} = 0$ .

Bij  $H_{T,ia}$  moet nu de verdiepingvloer ook in rekening gebracht worden.

Voor de vloer:

$$f_{iak} = \frac{(20 - 1) - (20 + 2)}{28,5} = \frac{-3}{28,5} = -0,105$$

Voor de verdiepingvloer geldt:  $A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 18,7 \cdot 2,43 \cdot (-0,105) = -4,77 \text{ W/K}$ .

Hierdoor wordt  $H_{T,ia} = 0$ .

Het warmteverlies door transmissie wordt dan:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) = (11,97 + 0 + 0 + 0 + 0) \times 28,5 = 341 \text{ W}.$$

Het warmteverlies door buitenluchttoetreding wijzigt niet.

Ook de toeslag voor bedrijfsbeperking wijzigt niet.

Het totaal in een verdiepingsmoduul/tussenmoduul te installeren vermogen is  $341 + 436 + 378 = 1.155 \text{ W}$ .

### Verdiepingsrandmodule

Voor een verdiepingsrandmodule geldt voor het grootste deel hetzelfde als voor het uitgebreid behandelde beganegrondtussenmoduul. Hier wordt alleen ingegaan op de verschillen; waarden die hetzelfde zijn worden overgenomen.

*Het transmissiewarmteverlies  $\Phi_{T,i}$  volgt uit:*

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (6.18)$$

$H_{T,ia}$  verandert omdat één wand niet meer aan een andere kantoormodule grenst maar aan het trappenhuis (verkeersruimte) en de vloer is nu een verdiepingvloer i.p.v. beganegrondvloer.

$$H_{T,ia} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{iak}) \quad [\text{W/K}] \quad (6.19)$$

Ingevuld wordt dit:

Vertrek rechts:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 18,9 \cdot 0,44 \cdot 0$	= 0
Naar trappenhuis:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 18,9 \cdot 0,44 \cdot 0,175$	= 1,46
Vertrek boven:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 18,7 \cdot 2,43 \cdot 0,105$	= 4,77
Verkeersruimte:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 9,18 \cdot 0,42 \cdot 0$	= 0
Verdiepingsvloer:	$A_k \cdot U_k \cdot f_{iak} = 18,7 \cdot 2,43 \cdot -0,105$	= -4,77
		<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> +
		$H_{T,ia} = 1,46 \text{ W/K}$

Aangezien het een verdiepingsmoduul betreft geldt  $H_{T,ig} = 0$ .



# Bijlage A Vraagspecificatie

## Invulblad en uitgangspunten

Algemeen	Project	
	Plaats	
	Contactpersoon	
	Offerte nr.	
	Datum	
Bouwkundige kenmerken	Gebouw voldoet aan nieuwbouweisen Bouwbesluit	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nee
	Indien 'Nee', bouwjaar	
	Soort gebouw	<input type="radio"/> Eén bouwlaag met plat dak <input type="radio"/> Eén bouwlaag met kap <input type="radio"/> Eén bouwlaag met half plat dak <input type="radio"/> Meerlaags gebouw
	Kozijnuitvoering/ kwaliteit	<input type="radio"/> Aluminium met thermische onderbreking <input type="radio"/> Aluminium zonder thermische onderbreking <input type="radio"/> Kunststof <input type="radio"/> Hout <input type="radio"/> Staal <input type="radio"/> Klimaatraam <input type="radio"/> Overige: _____
Bepaling transmissiewarmteverlies	Ontwerpcondities buiten	<input type="radio"/> Basisontwerpbuitentemperatuur -10 °C bij een windsnelheid van 5 m/s <input type="radio"/> Basisontwerpbuitentemperatuur _____ °C

	Verwarmingssysteem	<input type="radio"/> Radiatoren/convectoren (ht) <input type="radio"/> Radiatoren/convectoren (lt) <input type="radio"/> Vloerverwarming (hoofdverwarming) <input type="radio"/> Vloerverwarming (basisverwarming) <input type="radio"/> Wandverwarming (hoofdverwarming) <input type="radio"/> Wandverwarming (basisverwarming) <input type="radio"/> Luchtverwarming (ht) <input type="radio"/> Luchtverwarming (lt) <input type="radio"/> Betonkernactivering <input type="radio"/> Plafondverwarming <input type="radio"/> _____	
	Ontwerp binnentemperaturen	Verblijfsruimte	<input type="radio"/> 20 °C <input type="radio"/> 22 °C <input type="radio"/> 24 °C <input type="radio"/> _____ °C
		Toiletruimte	<input type="radio"/> 15 °C <input type="radio"/> 18 °C <input type="radio"/> 20 °C <input type="radio"/> _____ °C
		Verkeersruimte	<input type="radio"/> 15 °C <input type="radio"/> 18 °C <input type="radio"/> 20 °C <input type="radio"/> _____ °C
		Technische ruimte (geen stookruimte)	<input type="radio"/> 10 °C <input type="radio"/> _____ °C
		_____	<input type="radio"/> _____ °C
	Ruimtetemperatuur in de aangrenzende ruimte	Nieuwbouw	<input type="radio"/> Gestapelde bouw: 15 °C <input type="radio"/> Zelfde als beschouwde vertrek <input type="radio"/> Volgt uit warmtebalans
		Bestaande bouw	<input type="radio"/> Aangrenzende woning: 10 °C <input type="radio"/> Onverwarmd <input type="radio"/> Vorstvrij: 5 °C <input type="radio"/> Warmtebalans <input type="radio"/> _____ °C
	BG-vloer	<input type="radio"/> Vloer boven kruipruimte <input type="radio"/> Vloer direct op grond <input type="radio"/> Vloer boven berging e.d.	
	R <sub>c</sub> -waarde BG-vloer	R <sub>c</sub> = _____ m <sup>2</sup> ·K/W	
Verlaagd plafond	<input type="radio"/> Niet van toepassing <input type="radio"/> Thermisch open <input type="radio"/> Thermisch gesloten		

Bepaling ventilatiewarmteverlies	Luchtdoorlatendheid U-bouw $q_{v,10,ka}$	<input type="radio"/> < 0,2 <input type="radio"/> < 0,4 <input type="radio"/> < 0,6 <input type="radio"/> < 0,8 <input type="radio"/> < 1 <input type="radio"/> ≥ 1	
	Ventilatiesysteem	Toevoer	<input type="radio"/> Natuurlijke toevoer <input type="radio"/> Natuurlijke toevoer, winddruk afhankelijk geregeld <input type="radio"/> Mechanische toevoer <input type="radio"/> Vraaggestuurde ventilatie <input type="radio"/> WTW, rendement _____ %
		Afvoer	<input type="radio"/> Natuurlijke afvoer <input type="radio"/> Mechanische afvoer
Bepaling toeslag voor bedrijfsbeperking	Type U-bouw	Laagbouw	<input type="radio"/> Tussengelegen <input type="radio"/> Geschakeld <input type="radio"/> Vrijstaand
		Gestapelde bouw	<input type="radio"/> Meerdere lagen <input type="radio"/> Toplaag <input type="radio"/> Onderste laag
	Bedrijfswijze	<input type="radio"/> Continu bedrijf <input type="radio"/> Nachtverlaging gedurende _____ uur <input type="radio"/> Weekendverlaging	
	Opwarmtijd	<input type="radio"/> 4 uur <input type="radio"/> 3 uur <input type="radio"/> 2 uur <input type="radio"/> 1 uur <input type="radio"/> Zelflerende regeling	
	Ventilatie tijdens opwarmen bij U-bouw	<input type="radio"/> Uitgeschakeld <input type="radio"/> Normale ventilatie <input type="radio"/> Ingeschakeld op _____ % van de normale ventilatie	
	Temperatuurregeling	<input type="radio"/> Ruimtethermostaat <input type="radio"/> Regeling per zone <input type="radio"/> Regeling per vertrek	





# Bijlage B Warmtedoorgangscoefficiënt van een raam

De warmtedoorgangscoefficiënt van ramen, inclusief kozijn wordt bepaald volgens:

$$U_{\text{raam}} = (1 - f_{\text{kozijn}}) \cdot U_{\text{glas}} + f_{\text{kozijn}} \cdot U_{\text{kozijn}} + L_{\text{rand}} \Psi_{\text{rand}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (\text{B.1})$$

Waarin:

$$U_{\text{raam}} = \text{de U-waarde van het raam} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$U_{\text{glas}} = \text{de U-waarde van het glas, bepaald volgen tabel B.1} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$U_{\text{kozijn}} = \text{de U-waarde van het kozijn, bepaald volgens B.2} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\Psi_{\text{rand}} = \text{de } \Psi\text{-waarde van de rand, bepaald volgens B.3} \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

$$f_{\text{kozijn}} = \text{het kozijnaandeel in de geprojecteerde raamoppervlakte} \quad [-]$$

$$L_{\text{rand}} = \text{de omtrek van het zichtbare gedeelte van de rand van het glas per eenheid van oppervlakte van het raam, waarvoor geldt: } L_{\text{rand}} = 2,5 \text{ m/m}^2 \quad [\text{m/m}^2]$$

Voor  $f_{\text{kozijn}}$  geldt:

$$f_{\text{kozijn}} = A_{\text{kozijn}}/A_{\text{raam}} \quad [-] \quad (\text{B.2})$$

Waarin:

$$A_{\text{raam}} = \text{de geprojecteerde oppervlakte van het raam inclusief kozijn} \quad [\text{m}^2]$$

$$A_{\text{kozijn}} = \text{de geprojecteerde oppervlakte van het kozijn, zijnde het niet-lichtdoorlatende gedeelte van het raam} \quad [\text{m}^2]$$

Het resultaat van vergelijking (B.1) moet naar boven worden afgerond naar een veelvoud van  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Indien voor  $f_{\text{kozijn}}$  getalswaarden worden overgelegd die zijn gebaseerd op de werkelijke afmetingen van het desbetreffende raam, dan worden deze uitsluitend toegelaten indien  $f_{\text{kozijn}}$  voor alle ramen van het desbetreffende gebouw op deze wijze zijn bepaald.

## B.1 Warmtedoorgangscoefficiënt van beglazing zonder verrekening van randeffecten

De warmtedoorgangscoefficiënt van beglazing zonder meerekening van randeffecten volgt uit tabel B.1 voor een globale berekening of uit tabel B.2 wanneer gedetailleerde gegevens van het glas bekend zijn.

**Tabel B.1 U-waarde van verschillende glassoorten**

Soort glas		$U_{\text{glas}}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Enkelglas: 3 mm blank glas		5,7
Dubbelglas	Met smalle spouw (6 mm)	3,3
	Brede spouw (15 mm)	2,8
HR-glas		1,7
HR <sup>++</sup> -glas		1,5
Drievoudig blank glas		2,0

**Tabel B.2 Warmtedoorgangscoefficiënt van beglazing zonder meerekening van randeffecten**

				$U_{\text{glas}}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
Enkelglas				5,8			
Meervoudige beglazing				Soort spouwvulling (gasconcentratie ≥ 90 %)			
Soort	Glas, bedekkingslaag	Emissiecoëfficiënt $\epsilon_n$	Spouwbreedte [mm]	Lucht	Argon	Krypton	SF <sub>6</sub>
Dubbelglas	Geen (normaal glas)	0,89	6	3,3	3,0	2,8	3,0
			9	3,0	2,8	2,6	3,1
			12	2,9	2,7	2,6	3,1
			15	2,7	2,6	2,6	3,1
			20	2,7	2,6	2,6	3,1
	1 ruit met warmtereflect. coating	≤ 0,4	6	2,9	2,6	2,2	2,6
			9	2,6	2,3	2,0	2,7
			12	2,4	2,1	2,0	2,7
			15	2,2	2,0	2,0	2,7
			20	2,2	2,0	2,0	2,7
	1 ruit met warmtereflect. coating	≤ 0,2	6	2,7	2,3	1,9	2,3
			9	2,3	2,0	1,6	2,4
			12	1,9	1,7	1,5	2,4
			15	1,8	1,6	1,6	2,5
			20	1,8	1,7	1,6	2,5
	1 ruit met warmtereflect. coating	≤ 0,1	6	2,6	2,2	1,7	2,1
			9	2,1	1,7	1,3	2,2
			12	1,8	1,5	1,3	2,3
			15	1,6	1,4	1,3	2,3
			20	1,6	1,4	1,3	2,3
	1 ruit met warmtereflect. coating	≤ 0,05	6	2,5	2,1	1,5	2,0
			9	2,0	1,6	1,3	2,1
			12	1,7	1,3	1,1	2,2
			15	1,5	1,2	1,1	2,2
			20	1,5	1,2	1,2	2,2
Drievoudige beglazing	Geen (normaal glas)	0,89	6 en 6	2,3	2,1	1,8	2,0
			9 en 9	2,0	1,9	1,7	2,0
			12 en 12	1,9	1,8	1,6	2,0
	2 ruiten met coating	≤ 0,4	6 en 6	2,0	1,7	1,4	1,6
			9 en 9	1,7	1,5	1,2	1,6
			12 en 12	1,5	1,3	1,1	1,6
	2 ruiten met coating	≤ 0,2	6 en 6	1,8	1,5	1,1	1,3
			9 en 9	1,4	1,2	0,9	1,3
			12 en 12	1,2	1,0	0,8	1,4
	2 ruiten met coating	≤ 0,1	6 en 6	1,7	1,3	1,0	1,2

	2 ruiten met coating	$\leq 0,05$	9 en 9	1,3	1,0	0,8	1,2
			12 en 12	1,1	0,9	0,6	1,2
			6 en 6	1,6	1,3	0,9	1,1
			9 en 9	1,2	0,9	0,7	1,1
			12 en 12	1,0	0,8	0,5	1,1

## B.2 U-waarden van kozijnen

Voor de U-waarde van een kozijn kan:

1. De methode uit NEN 5128 worden gevolgd;
2. De forfaitaire waarde worden aangehouden:
  1. Houten of kunststofkozijn:  $U = 2,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;
  2. Metalen kozijn met thermische onderbreking:  $U = 3,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;
  3. Metalen kozijn/onbekend materiaal:  $U = 7,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

## B.3 De lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de rand van de beglazing

Voor de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de rand zijn de rekenwaarden gegeven in tabel B.3.

**Tabel B.3 Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de rand van de beglazing,  $\Psi_{\text{rand}}$  in  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$**

	$\Psi_{\text{rand}}$ [W/(m·K)]	$U_{\text{kozijn}} \leq 2,4$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$2,4 < U_{\text{kozijn}} \leq 3,8$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$U_{\text{kozijn}} > 3,8$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Enkelglas		0	0	0
Meervoudig glas met aluminium afstandshouder	$U_{\text{glas}} > 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,04	0,06	0
	$U_{\text{glas}} \leq 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,06	0,08	0,02
Meervoudig glas met corrosievast stalen afstandshouder	$U_{\text{glas}} > 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,03	0,04	0
	$U_{\text{glas}} \leq 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,05	0,06	0,02
Meervoudig glas met afstandshouder van isolatieschuim	$U_{\text{glas}} > 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,02	0,03	0
	$U_{\text{glas}} \leq 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,03	0,04	0,01
Waarin: $\Psi_{\text{rand}}$ = de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de rand van de beglazing, in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ $U_{\text{glas}}$ = de U-waarde van het glas, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , bepaald volgens tabel B.2 $U_{\text{kozijn}}$ = de U-waarde van het kozijn, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , bepaald volgens paragraaf B.2				



# Bijlage C Berekening van de opbrengst van warmteterugwinning

De toevoertemperatuur na de warmtewisselaar volgt uit:

$$\theta_t = \eta_\theta \cdot (\theta_r - \theta_e) + \theta_e \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{C.1})$$

Waarin:

$\theta_t$  = toevoertemperatuur ventilatielucht [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\eta_\theta$  = temperatuurrendement warmteterugwinapparaat [-]

$\theta_r$  = gemiddelde retourtemperatuur; indien deze niet bekend is, is deze gelijk aan de ontwerpbinnentemperatuur die voor het overgrote deel van het gebouw van toepassing is [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur conform paragraaf 2.6 [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Opmerking: Bij gebouwen met klimaatgevels vindt er in de spouw tussen de ramen afkoeling van de lucht plaats. De uittredetemperatuur (afzuigtemperatuur) volgt uit formule C.2 (zie [14]).

$$q_{afz.} = q + Dq_v - \frac{0,15}{d + 0,05} \cdot [(\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e) \cdot \{c_1 + c_2 \cdot (h - 1)\}] \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{C.2})$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerpbinnentemperatuur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_e$  = ontwerp buitentemperatuur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\Delta\theta_v$  = correctie luchttemperatuur volgens tabel 2.3 [K]

$h$  = glashoogte [m]

$d$  = spouwbreedte [m]

De waarden voor  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$  en  $c_4$  worden ontleend aan tabel C.1.

**Tabel C.1 c-waarden**

Luchtsnelheid in spouw [m/s]		
0,10	0,15	0,20
$c_1 = 0,17$	$c_1 = 0,14$	$c_1 = 0,12$
$c_2 = 0,10$	$c_2 = 0,09$	$c_2 = 0,08$

Tabel C.2 bevat de warmtewinst [W] door de warmteterugwinning per m<sup>3</sup>/h ventilatielucht. Deze warmtewinst is afhankelijk van het temperatuurrendement van de warmteterugwinning en de gemiddelde temperatuur van de afgezogen lucht.

**Tabel C.2 Warmtewinst [W] t.g.v. WTW per m<sup>3</sup>/h voor verschillende WTW-rendementen en verschillende retourtemperaturen**

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

**Bijvoorbeeld:**

De warmtewinst  $\Phi_{\text{winst}}$  t.g.v. warmteterugwinning bij een systeem met 200 m<sup>3</sup>/h bij een retourtemperatuur van 19 °C en een WTW-rendement van 0,8 bedraagt dus:

$$\Phi_{\text{winst}} = 200 \cdot 7,73 = 1546 \text{ Watt.}$$





# Bijlage D Berekening van leiding- of kanaalverliezen in onverwarmde ruimten

De methode voor het bepalen van de verliezen van leidingen door onverwarmde ruimten is gegeven in deel D1.

De afkoeling van lucht in kanalen door onverwarmde ruimten is gegeven in deel D2.

## D.1 Berekening van de leidingverliezen in onverwarmde ruimten

De leidingverliezen in onverwarmde ruimten (bijvoorbeeld kruipruimten) zijn sterk afhankelijk van de gemiddelde mediumtemperatuur en de mate van isolatie van de leidingen. Voor het bepalen van de optimale dikte van isolatie wordt verwezen naar ISSO-publicatie 25 [6].

Het warmteverlies per meter leiding volgt uit:

$$\varphi = q_c + q_s \quad [\text{W/m}] \quad (\text{D.1})$$

Met:

$$q_s = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \epsilon_s \cdot (T_{is}^4 - T_a^4) \cdot \pi \cdot (d_b + 2s) \quad [\text{W/m}] \quad (\text{D.2})$$

$$q_c = 1,35 \cdot \frac{(\theta_a - \theta_{is})^{1,25}}{(d_b + 2s)^{0,25}} \cdot \pi \cdot (d_b + 2s) \quad [\text{W/m}] \quad (\text{D.3})$$

Met:

$$\theta_{is} = \theta_{bs} - \frac{q_s + q_c}{2\pi \cdot \lambda} \cdot \ln \left( 1 + \frac{2s}{d_b} \right) \quad [^\circ\text{C}] \quad (\text{D.4})$$

Waarin:

$\varphi$	=	warmteverlies per meter leidinglengte	[W/m]
$T_a$	=	omgevingstemperatuur	[K]
$T_i$	=	oppervlaktetemperatuur isolatie	[K]
$\lambda$	=	warmtegeleiding van het isolatiemateriaal	[W/(m·K)]
$d$	=	uitwendige leidingdiameter	[m]
$q_c$	=	warmteverlies per meter door convector	[W/m]
$q_s$	=	warmteverlies per meter door straling	[W/m]
$s$	=	isolatiedikte	[m]
$\varepsilon_s$	=	emissiefactor van isolatieoppervlak	[-]
$\theta_{bs}$	=	gemiddelde mediumtemperatuur	[°C]
$\theta_a$	=	ontwerpbinrentemperatuur	[°C]
$\theta_{is}$	=	oppervlaktetemperatuur isolatie	[°C]

Voor dunwandige CV-buizen en dikwandige gelaste buizen zijn voor verschillende warmtegeleidingscoëfficiënten en isolatiedikten tabellen opgenomen met het warmteverlies per meter leiding bij een mediumtemperatuur van 80 °C. Uitgegaan is van een  $\varepsilon_s = 0,5$ .

Het totale warmteverlies:

$$\Phi_{\text{verlies}} = \varphi \cdot l \quad [\text{W}] \quad (\text{D.5})$$

Waarin:

$\varphi$	=	warmteverlies per meter leiding bij de gemiddelde mediumtemperatuur	[W/m]
$l$	=	totale lengte (in onverwarmde ruimte)	[m]

### Tabellen ter indicatie

Warmteverlies per meter leidinglengte bij een gemiddelde mediumtemperatuur van 80 °C. Het warmteverlies per meter ongeïsoleerde buis voor dunwandige CV-buizen bij een mediumtemperatuur van 80 °C is gegeven in tabel D.1. Voor dikwandige gelaste buizen is dit gegeven in tabel D.2.

**Tabel D.1 Warmteverlies per meter ongeïsoleerde buis voor dunwandige CV-buis**

Buisdiameter [mm]	Omgevingstemperatuur	
	5 °C	10 °C
15	52,6	48,7
22	71,8	66,6
35	134,6	125,6

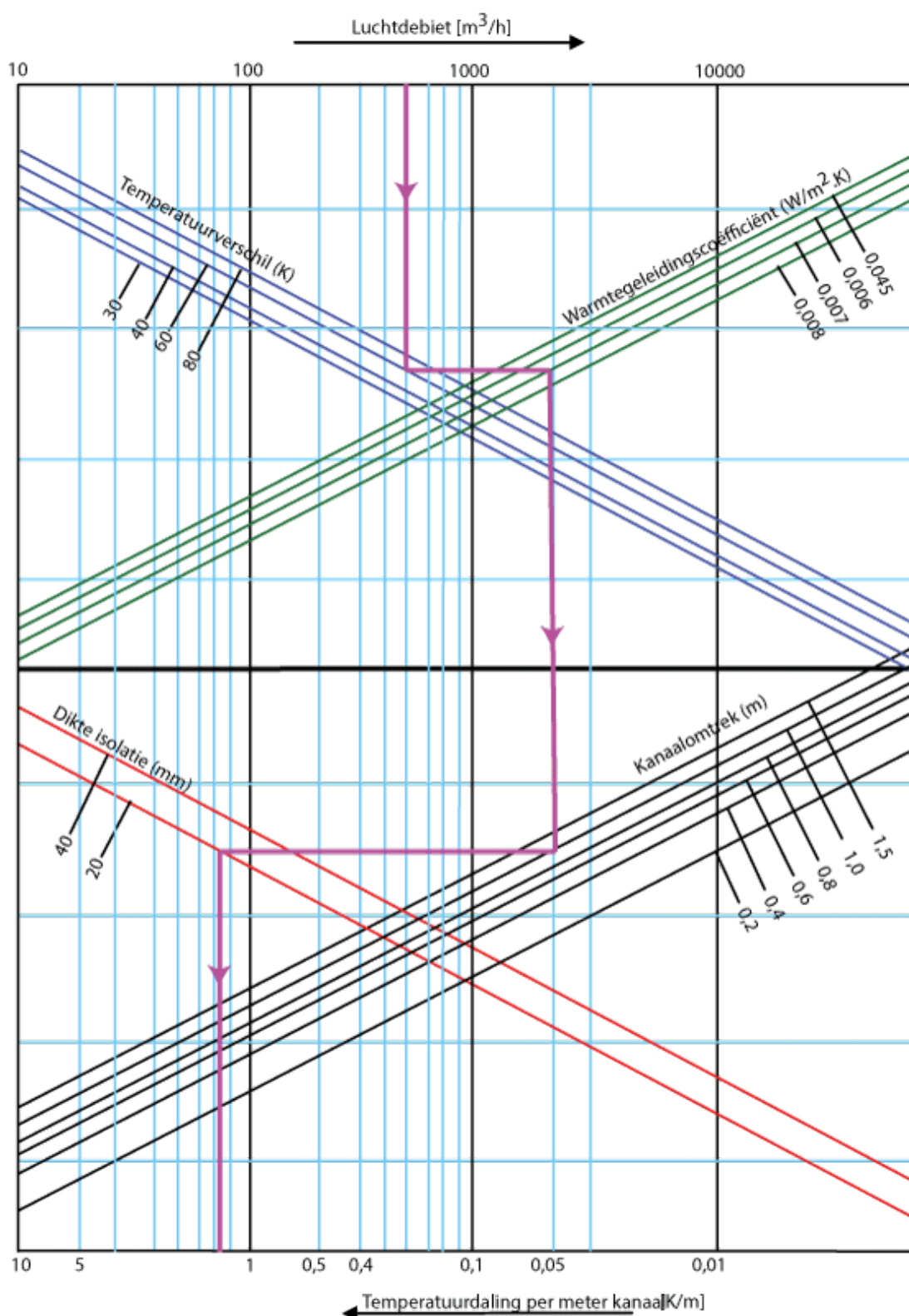
**Tabel D.2 Warmteverlies per meter ongeïsoleerde buis voor dikwandige gelaste buis**

Buisdiameter [mm]	Omgevingstemperatuur	
	5 °C	10 °C
17,2	73,4	68,3
21,3	87,3	82,0
26,9	107,4	100,2
33,7	130,3	121,6
42,4	158,8	148,3
48,3	177,7	166,0
60,3	215,4	201,3
76,1	263,8	246,6
88,9	302,1	282,6
114,3	376,6	352,4
139,7	449,3	420,7
168,3	529,7	496,1
219,1	669,2	627,4

## D.2 Berekening van de kanaalverliezen in onverwarmde ruimten

De berekening is gebaseerd op de methode als gegeven in ISSO-publicatie 58 [7].

De afkoeling van de lucht in ronde kanalen wordt afgelezen uit het nomogram van afbeelding D.1.



Afb. D.1 Nomogram ter indicatie van de temperatuurdaling

**Voorbeeld**

Luchtdebiet: 400 m<sup>3</sup>/h

Temperatuurverschil warme lucht - omgeving: 60 K

Warmtegeleidingscoëfficiënt kanaalisolatie: 0,045 W/(m·K)

Isolatiedikte: 40 mm

Kanaalomtrek buitenzijde: 1,0 m

Uit het nomogram volgt een temperatuurdaling per meter kanaal van 0,44 K/m.



# Bijlage E Afkoeling en zwaarte van een gebouw

## E.1 Globale bepaling van de te verwachten afkoeling van een gebouw

Voor gebouwen met een grote tijdconstante kan de afkoeling benaderd worden door een eerste-orde- systeem. Deze globale berekening wordt uitgevoerd op gebouwniveau en is een indicatie voor de gemiddeld te verwachten afkoeling in de vertrekken. De afkoeling  $\Delta\theta$  voor een gebouw met een grote tijdconstante volgt uit:

$$\Delta\theta = (\theta_i - \theta_e) - (\theta_i - \theta_e) \cdot e^{-t/\tau} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (\text{E.1})$$

Waarin:

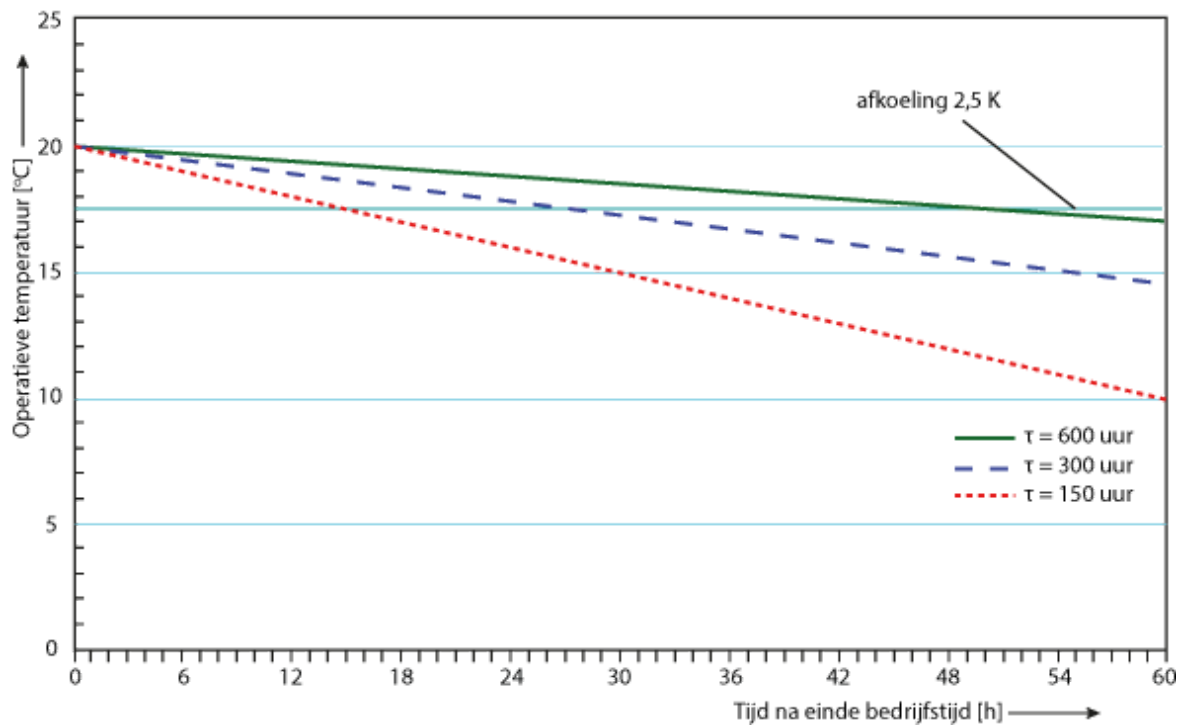
$t$	=	tijd van afkoeling	[s]
$\tau$	=	tijdconstante bepaald volgens paragraaf 2.6.1	[s]
$\theta_i$	=	ontwerpbinnentemperatuur	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\theta_e$	=	ontwerpbuitentemperatuur conform paragraaf 2.6	[ $^{\circ}\text{C}$ ]

Voor een temperatuurverschil tussen binnen en buiten van 30  $^{\circ}\text{C}$  en een afkoelingsduur van 62 uur betekent dit dat de tijdconstante van een gebouw groter dan 570 uur moet zijn om de afkoeling te beperken tot minder dan 3 K.

Voor lichte gebouwen (zie ook E.2) en/of slecht geïsoleerde gebouwen is de afkoeling altijd groter dan 3K.

Voor aanzienlijk kleinere tijdconstanten is de afkoeling nog enkele graden meer omdat er dan een niet verwaarloosbaar 2e orde effect gaat optreden.

Afbeelding E.1 geeft een voorbeeld van een afkoelcurve van een gebouw.



Afb. E.1 Afkoelcurve

## E.2 Zwaarte van het gebouw

Bij utiliteitsgebouwen is de specifieke toeslag voor bedrijfsbeperking afhankelijk van de zwaarte van het gebouw, de gewenste opwarm snelheid en het te overbruggen temperatuurtraject.

### Volume van het gebouw

$$V_e = l_e \cdot b_e \cdot h_e \quad [\text{m}^3] \quad (\text{E.2})$$

Waarin:

$l_e$  = lengte van het gebouw (uitwendige maat) [m]

$b_e$  = breedte van het gebouw (uitwendige maat) [m]

$h_e$  = hoogte van het gebouw (uitwendige maat) [m]

### Zwaarte van het gebouw

De zwaarte van het gebouw volgt uit de specifieke effectieve opslagcapaciteit van het gebouw  $c_{\text{eff}}$  van het gebouw:

$$c_{\text{eff}} = \frac{C_{\text{eff}}}{V_e} \quad [\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})] \quad (\text{E.3})$$

Waarin:

$C_{\text{eff}}$  = effectieve opslagcapaciteit van het gebouw bepaald volgens paragraaf 2.6.1 [J/K]

$V_e$  = inhoud van het gebouw gebaseerd op buitenafmetingen [m<sup>3</sup>]



Indien  $c_{\text{eff}} \leq 35 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$  dan is sprake van een licht gebouw. In de tabellen E.1 en E.2 weergegeven met een l. In de overige gevallen is sprake van een middelzwaar/zwaar gebouw. Dit is in de tabellen weergegeven met z.



# Bijlage F Bepaling temperatuur van aangrenzende vertrekken met een warmtebalans

Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

1. Aangrenzende vertrekken van hetzelfde gebouw (zie paragraaf F.1);
2. Aangrenzende vertrekken van belendend gebouw (zie paragraaf F.2).

## F.1 Temperatuur van vertrekken die tot het gebouw behoren

De binnentemperatuur  $\theta_i$  volgt uit de warmtebalans van het beschouwde vertrek:

$$(H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaEB} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_i - \theta_e) + \Phi_{V,i} = 0 \quad [W] \quad (F.1)$$

Waarin:

$H_{T,ie}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar de buitenlucht via de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens paragraaf 4.2	[W/K]
$H_{T,ia}$	= specifiek warmteverlies door scheidingsconstructie naar een tot het gebouw behorend verwarmd vertrek, bepaald volgens paragraaf 4.3	[W/K]
$H_{T,iae}$	= specifiek warmteverlies door scheidingsconstructie naar een tot het gebouw behorend onverwarmd vertrek, bepaald volgens paragraaf 4.4	[W/K]
$H_{T,iaBE}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar de buitenlucht via onverwarmde aangrenzende ruimte bepaald volgens paragraaf 4.5	[W/K]
$H_{T,ig}$	= specifiek warmteverlies door scheidingsconstructies in contact met de grond, bepaald volgens paragraaf 4.6	[W/K]
$\theta_i$	= te bepalen binnentemperatuur	[°C]
$\theta_e$	= ontwerp-buitentemperatuur bepaald volgens paragraaf 2.6	[°C]
$\Phi_{V,i}$	= toe te rekenen warmteverlies door buitenluchttoetreding	[W]

### Toe te rekenen warmteverlies t.g.v. toetredende buitenlucht

De methode voor het bepalen van het toe te rekenen ventilatieverlies volgt uit paragraaf 4.7.4.

Voor het bepalen van de temperatuur van een kruipruimte moet worden uitgegaan van een ventilatievoud van 0,6 voor de kruipruimte; infiltratie hoeft bij kruipruimten niet in rekening gebracht te worden.

## F.2 Temperatuur van aangrenzende vertrekken die niet tot het gebouw behoren

Bij het bepalen van de temperatuur  $\theta_a$  van het aangrenzende gebouw wordt het aangrenzende gebouw als één geheel beschouwd.

De temperatuur  $\theta_a$  van het aangrenzende gebouw volgt uit de warmtebalans van dat gebouw:

$$(H_{T,ie} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig} + H_i + H_v) \cdot (\theta_a - \theta_e) = 0 \quad [W] \quad (F.2)$$

Waarin:

$H_{T,ie}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar de buitenlucht via de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens paragraaf F.2.1	[W/K]
$H_{T,iaBE}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar een aangrenzende gebouw, bepaald volgens paragraaf F.2.2	[W/K]
$H_{T,ig}$	= specifiek warmteverlies van het vertrek naar de grond, bepaald volgens paragraaf F.2.3	[W/K]
$H_i$	= specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie, bepaald volgens paragraaf F.2.4	[W/K]
$H_v$	= specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie, bepaald volgens paragraaf F.2.5	[W/K]
$\theta_a$	= te bepalen binnentemperatuur	[°C]
$\theta_e$	= ontwerp buitentemperatuur (-10 °C)	[°C]

### F.2.1 Specifiek warmteverlies door uitwendige scheidingsconstructies

Het specifieke warmteverlies  $H_{T,ie}$  door uitwendige scheidingsconstructies (wanden, ramen, deuren, daken en vloeren boven buitenlucht) volgt uit:

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k \cdot (U_k + 0,1)) \quad [W/K] \quad (F.3)$$

Waarin:

$A_k$	= oppervlakte van vlak k bepaald volgens paragraaf 2.2	[m <sup>2</sup> ]
$U_k$	= warmtedoorgangscoefficiënt van vlak k bepaald volgens paragraaf 2.4	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
0,1	= forfaitaire toeslag voor lineaire thermische bruggen	[-]

### F.2.2 Specifiek warmteverlies naar aangrenzend pand

Voor het specifieke warmteverlies  $H_{T,iaBE}$  van het vertrek naar het aangrenzende gebouw (zowel naastgelegen als boven- of ondergelegen) geldt:

$$H_{T,iaBE} = \sum (A_s \cdot U_s \cdot f_{ib}) \quad [W/K] \quad (F.4)$$

Waarin:

$A_s$  = oppervlak van de scheidingsvlakken tussen de gebouwen, bepaald volgens paragraaf 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_s$  = warmtedoorgangscoefficiënt van de scheidingsconstructie, bepaald volgens paragraaf 2.4 [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_{ib}$  = correctiefactor ter correctie temperatuurverschil tussen ontwerp-buitentemperatuur en temperatuur aangrenzend pand [-]

Voor wanden:

$$f_{ib} = \frac{\theta_a - \theta_b}{\theta_a - \theta_e} \quad [-] \quad (F.5)$$

Waarin:

$\theta_a$  = te berekenen binnentemperatuur [°C]

$\theta_e$  = ontwerp-buitentemperatuur [°C]

$\theta_b$  = temperatuur belending: [°C]

=  $\theta_i$  van vertrek waarvoor warmteverliesberekening wordt uitgevoerd

= 10 °C bij naastgelegen rijtjes woningen

= 15 °C bij gestapelde bouw, kantoren en winkels

= 5 °C bij stallingruimte

### F.2.3 Specifiek warmteverlies door scheidingsconstructies in contact met grond

Het specifieke warmteverlies  $H_{T,ig}$  door uitwendige scheidingsconstructies (wanden en vloeren) in contact met de grond volgt uit:

$$\Sigma_k H_{T,ig} = 1,45 \cdot \Sigma_k (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{gw} \cdot 0,37) \quad [W/K] \quad (F.6)$$

Waarin:

$A_k$  = oppervlakte van vlak k dat in contact is met de grond, bepaald volgens 2.2 [m<sup>2</sup>]

$U_{equiv,k}$  = equivalente warmtedoorgangscoefficiënt [W/(m<sup>2</sup>·K)]

$f_{gw}$  = grondwaterfactor [-]

$f_{g2}$  = correctiefactor voor afwijkend temperatuurverschil tussen ontwerp-binnentemperatuur en ontwerp-buitentemperatuur resp. jaargemiddelde buitentemperatuur [-]

Voor de grondwaterfactor  $f_{gw}$  geldt:

$f_{gw} = 1$  indien de grondwaterspiegel  $\leq 1$  m onder het vloerniveau gelegen is

$f_{gw} = 1,15$  voor de overige gevallen

Voor de waarde van de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt  $U_{equiv,k}$  geldt:

$U_{equiv,k} = 0,18$  voor vloeren met een  $R_c \geq 3,5$  m<sup>2</sup>·K/W

$U_{equiv,k} = 0,30$  voor vloeren met een  $2,5 \leq R_c < 3,5$  m<sup>2</sup>·K/W

$U_{equiv,k} = 0,50$  voor vloeren met een  $R_c < 2,5$  m<sup>2</sup>·K/W

## F.2.4 Specifiek warmteverlies ten gevolge van infiltratie

Voor het specifieke warmteverlies  $H_i$  ten gevolge van infiltratie geldt:

$$H_i = 1200 \cdot q_i \cdot f_v \cdot z \quad [\text{W/K}] \quad (\text{F.7})$$

Waarin:

$q_i$	=	luchtvolumestroom infiltratie	$[\text{m}^3/\text{s}]$
$z$	=	fractie in rekening te brengen infiltratie (zie tabel F.6)	$[-]$
$f_v$	=	correctiefactor voor lagere luchttemperatuur	$[-]$

Voor  $f_v$  geldt:

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (\text{F.8})$$

Waarin:

$\theta_i$	=	ontwerpbinnentemperatuur volgens paragraaf 2.1.1	$[\text{°C}]$
$\theta_e$	=	ontwerpbuitentemperatuur ( $-10 \text{ °C}$ )	$[\text{°C}]$
$\Delta\theta_v$	=	correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.2	$[\text{K}]$

$q_i$  hangt af van de luchtdoorlatendheid van de gevel =  $q_{v10}$ -waarde (zoals gebruikt bij de EPC-berekening). Tabel F.1 geeft richtwaarden voor gebouwen die voldoen aan de eisen zoals gesteld in het Bouwbesluit (woningen van 1992 en later).

**Tabel F.1 Waarden voor volumestroom infiltratie  $q_i$  in  $\text{m}^3/\text{s}$  per  $\text{m}^2$  geveloppervlak (incl. beglazing en deuren)**

$q_{v,10 \text{ kar}}$ $[\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \text{gebruiksopp.})]$	Infiltratie maatgevend kantoor $[\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \text{gevelopp.})]$ Gebouwhoogte $h$ [m]				
	$\leq 3 \text{ m}$	$3 < h \leq 6$	$6 < h \leq 20$	$20 < h \leq 30$	$> 30 \text{ m}$
Kleiner dan 0,20	0,00026	0,00034	0,00043	0,00051	0,00062
Van 0,20 tot 0,40	0,00039	0,00050	0,00063	0,00077	0,00092
Van 0,40 tot 0,60	0,00064	0,00082	0,00103	0,00126	0,00149
Van 0,60 tot 0,80	0,00088	0,00111	0,00140	0,00172	0,00200
Van 0,80 tot 1,00	0,00109	0,00138	0,00175	0,00213	0,00251
Groter dan 1,0	0,00118	0,00151	0,00189	0,00232	0,00273

Voor gebouwen die niet voldoen aan de luchtdichtheidseisen van het Bouwbesluit geldt:

$$q_i = f_{\text{wind}} \cdot f_{\text{type}} \cdot f_{\text{inf}} \cdot (0,23 \cdot q_{i,\text{spec}}) \quad [\text{dm}^3/\text{s}] \quad (\text{F.9})$$

Waarin:

- $f_{wind}$  = correctiefactor voor invloed van de winddruk geïnduceerde infiltratie [-]  
 $f_{type}$  = correctiefactor voor gebouwfunkelijke winddrukverdeling volgens tabel F.2 [-]  
 $f_{inf}$  = correctiefactor voor invloed van ventilatievoorziening op de infiltratie volgens tabel F.3 [-]  
 $q_{i,spec}$  = specifieke luchtvolumestroom infiltratie afhankelijk van het gebouwtype en bouwjaar [dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup>]

Voor de correctiefactor  $f_{wind}$  geldt:

$$f_{wind} = \max \left[ 1; \left\{ 0,01 \cdot \left( 24 + 0,555 \cdot \sqrt{L^2 + B^2} + 4,5 \cdot H \right) \right\}^{0,65} \right] \quad [-] \quad (F.10)$$

Waarin:

- L = lengte van het gebouw [m]  
B = breedte van het gebouw [m]  
H = hoogte van het gebouw [m]

**Tabel F.2 Waarde voor  $f_{type}$**

Gebouwtype		$f_{type}$
Eénlaagse gebouwen met kap	Grondgebonden, één laag, gebouweenheden met verscheidene bouwlagen in open verbinding bijv. grondgebonden kantoorvilla's	1,0
Eénlaagse gebouwen met plat dak	Grondgebonden, één laag, gebouweenheden met verscheidene bouwlagen in open verbinding bijv. grondgebonden kantoorvilla's	0,77
Gebouwen met meer lagen <sup>1)</sup>	Standaard	0,51
	Volgevel binnengalerij aan één zijde	0,48
	Dubbele huidgevel met onderbroken tussenruimte	0,46
	Dubbele huidgevel met doorlopende tussenruimte	0,15
1) Het onderscheid in de factoren $f_{type}$ naar geveltype geldt uitsluitend indien de tussenruimten per etage (dus in verticale zin) luchttechnisch zijn gescheiden. Indien dit niet het geval is, geldt voor alle geveltypen van deze kantoor-etages de standaardwaarde $f_{type} = 0,51$ .		

**Tabel F.3 Waarde voor  $f_{inf}$**

Ventilatiesysteem		$f_{inf}$
A	Systemen met natuurlijke toe- en afvoer	0,80
B	Systemen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer	0,85
C	Systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	1,0
D	Systemen met mechanische toe- en afvoer; gebalanceerde ventilatie	1,15

Voor de specifieke luchtvolumestroom infiltratie  $q_{i,spec}$  geldt:

$$q_{i,spec} = f_{typ} \cdot f_{jaar} \cdot q_{i,spec,teken} \quad [dm^3/s \text{ per } m^2] \quad (F.11)$$

Waarin:

$f_{\text{typ}}$	= invloedfactor voor gebouwtype/licging volgens tabel F.4	[-]
$f_{\text{jaar}}$	= invloedfactor voor de leeftijd van het gebouw	[-]
$q_{i,\text{spec, reken}}$	= specifieke luchtvolumestroom infiltratie volgens tabel F.5	[dm <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> ]

De invloedfactor voor de leeftijd van het gebouw  $f_{\text{jaar}}$  volgt uit:

$$f_{\text{jaar}} = 0,4 + 0,033e^{(0,05 \cdot (2060 - J))} \quad [-] \quad (\text{F.12})$$

Waarin:

J	=	bouwjaar	[-]
---	---	----------	-----

Situatie		$f_{\text{typ}}$ [-]
Enkellaags gebouw	Tussengelegen	1,0
	Kop-, eind-, hoekligging	1,2
	Vrijstaand	1,4
Meerlaags gebouw	Gehele gebouw	1,2
	Topetage/bovenste etage	1,3
	Tussengelegen etages	1,2
	Onderste etage/begane grond	1,1

**Tabel F.5 Rekenwaarde specifieke luchtvolumestroom infiltratie**

Omschrijving gebouwtype	$q_{i,\text{spec, reken}}$ [dm <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> ]
Eén laag met kap	1,0
Eén laag met half plat dak	0,85
Eén laag met plat dak	0,7
Meerlaags gebouw	0,5

**Tabel F.6 Waarden voor reductiefactor z**

Omschrijving	z
Vertrek met één buitengevel of twee niet tegenover elkaar liggende buitengevels	1
Vertrek met twee tegenover elkaar liggende buitengevels	0,5
Overige gevallen	0,7

## F.2.5 Specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie

Specifiek warmteverlies ten gevolge van ventilatie

$$H_v = 1200 \cdot q_v \cdot f_v \quad [-] \quad (\text{F.13})$$



Waarin:

$q_v$  = luchtvolumestroom ventilatie [m<sup>3</sup>/s]

$f_v$  = correctiefactor voor intredetemperaturen hoger dan de buitentemperatuur [-]

**De luchtvolumestroom ventilatie  $q_v$  volgt uit:**

$$q_v = 0,001 \cdot A_{\text{totaal}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (\text{F.14})$$

Waarin:

$A_{\text{totaal}}$  = totaal oppervlak van het verblijfsgebied [m<sup>2</sup>]

**Voor de temperatuur correctiefactor  $f_v$  voor inblaastemperaturen geldt:**

$f_v = 0$  voor alle systemen met toevoertemperaturen hoger dan de ontwerpbinrentemperatuur

**Voor alle systemen zonder WTW, voorverwarming van de toevoerlucht of verwarmde lucht uit een andere ruimte:**

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (\text{F.15})$$

**Voor systemen met WTW of voorverwarming van de toevoerlucht c.q. verwarmde lucht uit een andere ruimte:**

$$f_v = \frac{\theta_i + \Delta\theta_v - \theta_t}{\theta_i - \theta_e} \quad [-] \quad (\text{F.16})$$

Waarin:

$\theta_i$  = ontwerpbinrentemperatuur volgens paragraaf 2.1.1 [°C]

$\theta_e$  = ontwerpbinrentemperatuur (-10 °C) [°C]

$\theta_t$  = toevoertemperatuur ventilatielucht (voor berekening bij systemen met WTW zie bijlage C) [°C]

$\Delta\theta_v$  = correctiefactor voor lagere luchttemperaturen volgens tabel 2.2 [K]



# Bijlage G Bepaling van de ontwerpbinrentemperatuur

## G.1 Algemeen

Methode voor het bepalen van de optimale ontwerpbinrentemperatuur.

Stap 1: Bepaal de warmteweerstand clo van de kleding met behulp van:

1. Tabel G.1 voor kledingcombinaties of;
2. Formule G.1 en tabel G.2.

Stap 2: Bepaal het activiteitsniveau (metabolische belasting) van de gemiddelde werkzaamheden met behulp van:

1. Classificatie gegeven in tabel G.3 of;
2. Beroepen gegeven in tabel G.4.

Stap 3: Bepaal de optimale ontwerpbinrentemperatuur uit afbeelding G.1.

## G.2 Bepalen van de kledingweerstand

De totale warmteweerstand uitgedrukt in clo volgt uit het totale kledingpakket. De isolatiewaarden van een aantal standaardpakketten is gegeven in tabel A.1. De warmteweerstand van afzonderlijke kledingstukken is gegeven in tabel A.2. Met behulp van formule A.1 kan de totale warmteweerstand bepaald worden van een kledingpakket:

$$Clo = 0,08 + 0,74 \cdot \Sigma Is \quad [clo] \quad (G.1)$$

Waarin:

Clo = isolatiewaarde van kledingpakket [clo]

Is = thermische isolatie van afzonderlijk kledingstuk [clo]

**Tabel G.1 Isolatiewaarden (clo) van geselecteerde combinaties van kledingstukken**

Kledingcombinatie		Clo [clo]
1	Slip, hemd met korte mouwen, broek, hoge sokken (kuitlengte), schoenen	0,5
2	Onderbroek, overhemd, strakke broek, sokken, schoenen	0,6
3	Onderbroek, jas, sokken, schoenen	0,7
4	Onderbroek, overhemd, overall, sokken, schoenen	0,8
5	Onderbroek, overhemd, broek, kiel, sokken, schoenen	0,9
6	Slip, warm hemd en onderbroek, overhemd, overall, hoge sokken, schoenen	1,0

**Tabel G.2 Thermische isolatie van afzonderlijke kledingstukken**

Omschrijving kledingstuk		Thermische isolatie Is [clo]
Ondergoed	Onderbroek	0,03
	Onderbroek met lange pijpen	0,10
	Onderhemd	0,04
	T-shirt	0,09
	Hemd met lange mouwen	0,12
	Slip en bh	0,03
Hemden-bloezen	Met korte mouwen	0,15
	Dun, met lange mouwen	0,20
	Normaal, met lange mouwen	0,25
	Flanellen hemd, met lange mouwen	0,30
	Dunne bloes, met lange mouwen	0,15
Broeken	Korte broek	0,06
	Lichte broek	0,20
	Normale broek	0,25
	Flanellen broek	0,28
Jurken-rokken	Lichte rokken (zomer)	0,15
	Zware rok (winter)	0,25
	Lichte jurk, korte mouwen	0,20
	Winterjurk, lange mouwen	0,40
Truien	Vest zonder mouwen	0,12
	Dunne trui	0,20
	Trui	0,28
	Dikke trui	0,35
Jasjes	Lichte zomerjasje	0,25
	Jasje	0,35
	Kiel, stofjas, laboratoriumjas	0,30
Sterk-isolerend, gevoerd	Overall	0,90
	Broek	0,35
	Jasje	0,40
	Vest	0,20
Buitenkleding	Jas	0,60
	Overjack	0,55
	Overjas	0,70
	Overall	0,55
Diversen	Sokken	0,02
	Dikke, enkelsokken	0,05
	Dikke, lange sokken	0,10
	Panties	0,03
	Schoenen (dunne zool)	0,02

	Schoenen (dikke zool)	0,04
	Laarzen	0,10
	Handschoenen	0,05

## G.3 Gemiddeld activiteitsniveau

Het gemiddelde activiteitsniveau wordt ook metabolische belasting genoemd. Tabel G.3 bevat een classificatie van metabolische belastingen.

In tabel G.4 wordt voor een aantal beroepen de boven en ondergrens van de metabolische belasting gegeven. Indien niet bekend is of de activiteiten bij de boven- of ondergrens van tabel G.4 genomen moeten worden, dient te worden uitgegaan van de gemiddelde waarde voor het beroep.

**Tabel G.3 Classificatie van de metabolische belasting**

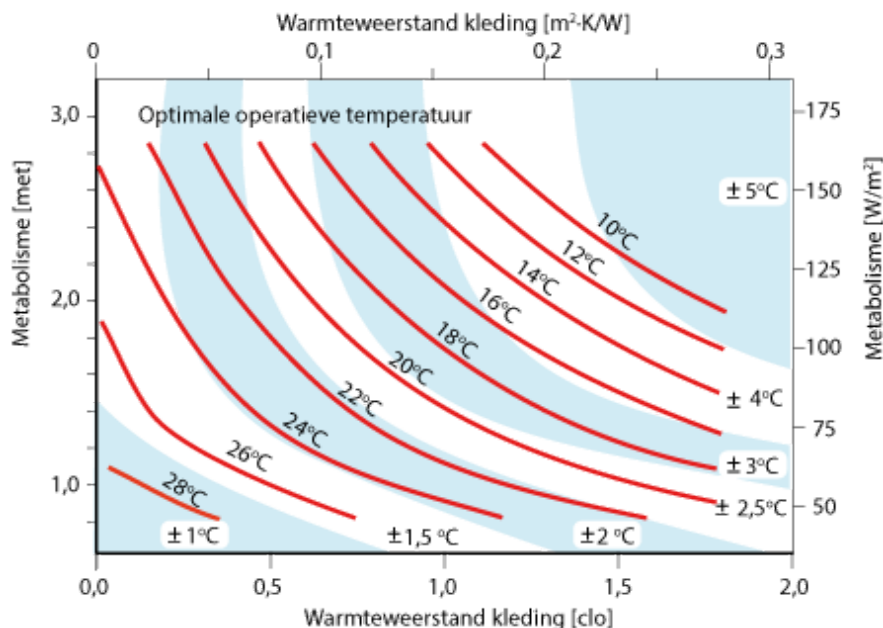
Klasse	Te gebruiken waarde voor de berekening van de gemiddelde metabolische belasting [met]	Voorbeelden
0 Rusten	1,1	Rusten
1 Lage metabolische belasting	1,7	Gemakkelijk zittend: lichte handarbeid (schrijven, typen, tekenen, naaien, boekhouden); werk met hand en arm (kleine gereedschappen, keuring, monteren of sorteren van lichte materialen); werk met arm en been (een voertuig onder normale omstandigheden besturen, een voetschakelaar of pedaal bedienen), slenteren (snelheid tot 3,5 km/h)
2 Middelmattige metabolische belasting	2,8	Lichte karretjes of kruiwagens trekken of duwen; wandelen met een snelheid van 3,5 km/h tot 5,5 km/h
3 Hoge metabolische belasting	3,9	Lopen met een snelheid van 5,5 km/h tot 7 km/h
4 Zeer hoge metabolische belasting	5	Zeer intensieve activiteit met hoog maximaal tempo; een helling of ladder opklimmen; snel met kleine passen lopen; hardlopen; lopen met een snelheid van meer dan 7 km/h

**Tabel G.4 Metabolische belasting voor verschillende beroepen**

Beroep		Metabolische belasting
Handwerklieden	Schilder	1,7 tot 2,2
	Bakker	1,9 tot 2,4
	Slager	1,8 tot 2,4
	Klokken- en horlogemaker	0,9 tot 1,2
Diversen	Onderwijzer	1,5 tot 1,7
	Winkelmeisje	1,7 tot 2,1
	Secretaresse	1,2 tot 1,5

## G.4 Bepaling van de optimale operationele temperatuur

De optimale operationele temperatuur volgt uit afbeelding G.1.



Afb. G.1 Bepaling van de optimale operationele temperatuur

Toelichting: De getrokken lijnen in afbeelding G.1 geven de optimale operationele temperatuur voor de kledingweerstand en de gemiddelde activiteit. De spreidingstemperatuur in de witte of gerasterde banden geeft aan welke temperatuur van de optimale temperatuur mag worden afgetrokken om tot de minimale operationele temperatuur overeenkomend met  $PMV = -0,5$ . Deze waarde is mede van belang voor het bepalen van temperatuurniveau tot waar opgewarmd moet worden buiten de bedrijfstijd.



# Literatuurlijst

- [1] NEN 1068 Thermische isolatie van gebouwen, NEN, Delft, 2012.
- [2] ISSO-kleintje U- en R<sub>c</sub>-waarden van bouwkundige constructies, ISSO, Rotterdam, 2014.
- [3] ISSO-publicatie 51 Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen, ISSO, Rotterdam, 2017.
- [4] ISSO-publicatie 57 Warmteverliesberekening voor gebouwen met hoge ruimten, ISSO, Rotterdam, 2017.
- [5] Ontwerp NEN-EN 12831-1, Verwarmingssystemen en op water gebaseerde koelsystemen in gebouwen – Methode voor de berekening van de ontwerpwarmtebelasting – Deel 1: Warmtebelasting van de ruimte, NEN, Delft, 2014.
- [6] ISSO-publicatie 25 Leidingisolatie, Berekening van economisch optimale isolatiedikte en berekening van isolatiedikte ter voorkoming van condensatie, ISSO, Rotterdam, 1991.
- [7] ISSO-publicatie 58 Luchtverwarming woningbouw, ISSO, Rotterdam, 2002.
- [8] Bouwbesluit.
- [9] ISSO-publicatie 49 Vloerverwarming/wandverwarming en vloer- en wandkoeling, ISSO, Rotterdam, 2002.
- [10] Laboratoriumonderzoek naar ontwerpcriteria voor klimaatramen: Bronswerk Airconditioning Research Centre, oktober 1987, i.o.v. NOVEM.
- [11] Laboratoriumonderzoek naar ontwerpcriteria voor klimaatramen: Bronswerk Airconditioning Research Centre, oktober 1987, i.o.v. NOVEM.
- [12] NEN-EN-ISO 15927-5 Hygro-thermische eigenschappen van gebouwen – Berekening en weergave van klimatologische gegevens – Deel 5: Gegevens voor de ontwerpberekening van warmtevermogen voor ruimteverwarming, NEN, Delft, 2004.
- [13] NEN-EN 7730, Klimaatomstandigheden – Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid 2005, NEN, Delft.
- [14] NEN 7120, Energieprestatie van gebouwen – bepalingmethode, NEN, Delft, 2012 met aanvullingen A1 van 2013 en A2 van 2014.
- [15] NEN 2687, Luchtdoorlatendheid van woningen, NEN, Delft, 1989.
- [16] ISSO-publicatie 66 Vermogen van radiatoren en convectoren bij niet-genormeerde opstelling, ISSO, Rotterdam, 2001.
- [17] ISSO-publicatie 110 Luchtgordijnen, ISSO, Rotterdam, 2014.
- [18] ISSO-publicatie 112 Grootkeukenventilatie, ISSO, Rotterdam, 2016.
- [19] ISSO-publicatie 108 Warmteverliezen in leidingsystemen, ISSO, Rotterdam, 2016.





# Colofon

De realisatie van de ISSO-publicatie 53 werd verzorgd door de ISSO-kontaktgroep die als volgt was samengesteld:

De heer W.G.J. Bos MSc	Stichting Passiefbouwen
De heer ir. M.J. van Bruggen	De Energiemanager
De heer B. van Duin	Van Duin Installatie Management
De heer ing. B.T.B. Jansen	Rensa B.V.
De heer ir. W. Plokker	Vabi Software B.V.
De heer drs. E.G. Rooijackers	Halmos Adviseurs
De heer drs. A.J.B. Scheffers	Bink Software B.V.
De heer J. Verdonck	Jaga/Konvektco Nederland B.V.
De heer F.A. Vos	Uneto-VNI
De heer ir. A.M. van Weele	ISSO

De realisatie van deze ISSO-uitgave is mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van:

OTIB



Uneto-VNI

PIT

© Stichting ISSO - Rotterdam, juli 2017



# Archief

Klik op onderstaande versie(s) om naar de betreffende versie van dit document te gaan:

[Versie 1994 \(ISSO-publicatie 4\)](#)

[Versie 2003](#)