

11 Ventilatie

11.1 Principe

Alle luchtstromen die ontstaan door de combinatie van alle optredende deelfactoren, wegen mee in de berekening van de energieprestatie van een gebouw. Dit is inclusief het gebruik van ventilatievoorzieningen, de invloed van wind op het gebouw, eventuele verbrandingsluchttoevoer, enz. De effectieve luchtvolumestromen worden aan de hand van een vereenvoudigd luchtstroommodel bepaald. De beïnvloeding van individuele luchtvolumestromen wordt daarbij meegewogen.

In het luchtstroommodel wordt rekening gehouden met de luchtvolumestromen als gevolg van ventilatie, spuien, zomernachtventilatie, luchtstromen als gevolg van open verbrandingstoestellen en infiltratie. De luchtvolumestromen worden bij een uniform drukverschil van 1 Pa bepaald. Vervolgens wordt een massabalans opgesteld waarbij de interne druk in de rekenzone wordt bepaald. Op basis van deze interne druk wordt de effectieve luchtvolumestroom bepaald.

De temperatuur van de ventilatielucht die de rekenzone in gaat, wordt bepaald door de temperatuur van de buitenlucht te corrigeren. Daarbij kan een temperatuurcorrectie plaatsvinden als gevolg van een vorstbeveiliging, warmteterugwinning, recirculatie, koeling, bevochtiging, naverwarming, ventilatoren en warmteverlies in de toevoerkanalen en door naverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom.

Het energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie van lucht in het gebouw wordt bepaald door de draaitijd en het effectieve vermogen.

In hoofdstuk 6 zijn de indeling en schematisering van een gebouw beschreven. Daarbij is beschreven dat naast een berekening op gebouwniveau een berekening van een gebouwdeel of een individuele woonfunctie mogelijk is.

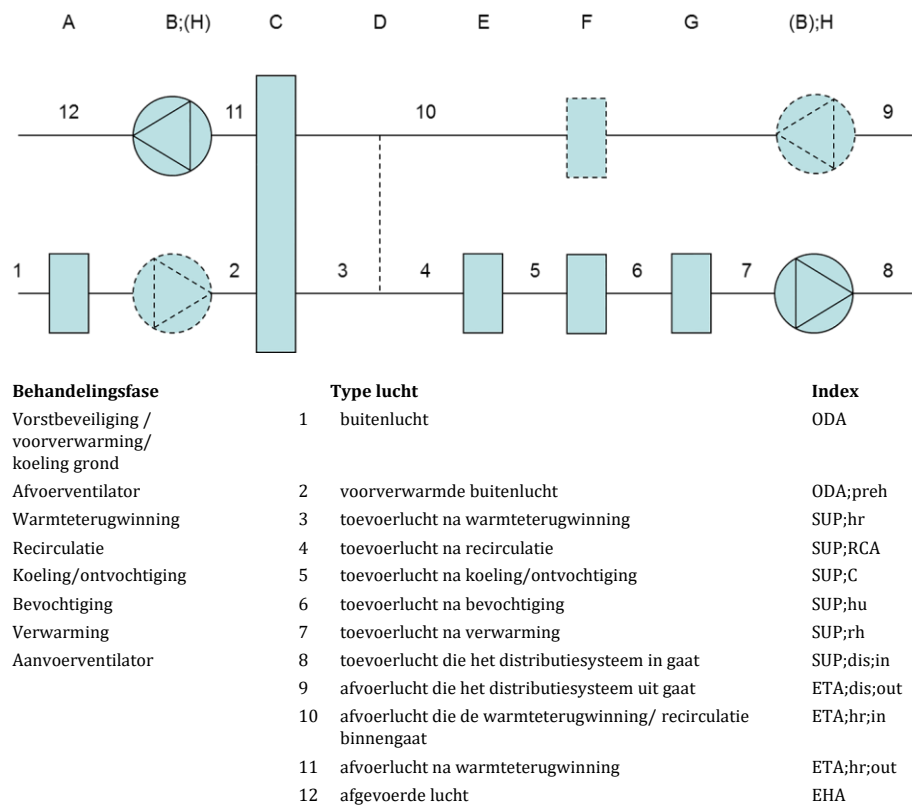
De opzet van hoofdstuk 11 is zodanig dat de berekening op gebouwniveau wordt uitgevoerd. De kenmerken op het niveau van het totale gebouw worden gebruikt. Omwille van de eenvoud is hiervoor gekozen. Het verschil tussen de kenmerken op gebouwniveau en gebouwdeelniveau is doorgaans beperkt, net als de invloed daarvan op de rekenresultaten, terwijl het vaststellen van de kenmerken op gebouwdeelniveau zou leiden tot een toename van het aantal rekenparameters.

In dit hoofdstuk wordt voor de indeling in ventilatiesystemen gebruikgemaakt van de volgende benamingen:

Symbool	Omschrijving
NATURAL_OP	Ventilatiesysteem A – Natuurlijke ventilatie, geen mechanisch systeem
SUPPLY_OP	Ventilatiesysteem B – Systeem met mechanische toevoer
EXTRACT_OP	Ventilatiesysteem C – Systeem met mechanische afvoer
BALANCED_OP	Ventilatiesysteem D – Balansventilatie met toevoer- en afvoerstromen
BALANCED-DEC_OP	Ventilatiesysteem E – Lokale balansventilatie met toevoer- en afvoerstromen

Afhankelijk van het principe van het ventilatiesysteem volgens bovenstaand overzicht, is de uitwerking van de berekening volgens dit hoofdstuk op een aantal plaatsen specifiek toegesneden op dat principe.

Ter verduidelijking van de in dit hoofdstuk gebruikte benamingen voor luchtstromen en temperaturen van de luchtstromen is in figuur 11.1 een schematische weergave van een luchtbehandelingskast (AHU) weergegeven.



Figuur 11.1 — Benaming luchtstromen en -temperaturen
(figuur uit 6.4.3.1 van NEN-EN 16798-5-1)

11.2 Bepalen effectieve luchtvolumestromen

Bepaal van elke rekenzone per maand de luchtstromen en de temperatuur van de luchtstromen volgens 11.2 en 0 voor zowel een situatie met warmtebehoefte als voor de situatie met koudebehoefte. In dit hoofdstuk zijn in verband met de leesbaarheid de indexen H (warmtebehoefte) en C (koudebehoefte) weggelaten.

11.2.1 Luchtstroommodel

11.2.1.1 Principe

Het stappenplan voor het bepalen van de effectieve lucht volumestromen per rekenzone is als volgt:

- 1) Bepaal de lucht volumestromen voor ventilatievoorzieningen ($q_{V;ODA;req;zi,mi}$), verplichte spuivoorzieningen ($q_{V;argl;in;zi,mi}$), zomernachtventilatie ($q_{V;argll;in;zi,mi}$), verbrandingslucht voor open verbrandingstoestellen ($q_{V;comb;in;zi,mi}$) en infiltratie ($q_{V1;lea;ref}$) bij een drukverschil van 1 Pa. De bepaling van deze referentie-lucht volumestromen bij 1 Pa drukverschil in m³/h zijn beschreven in 11.2.2 t/m 11.2.5.
- 2) Bepaal de kenmerken van de (natuurlijke) lucht volumestromen en de vastgestelde positie van de bijbehorende openingen i :
 - de totale luchtdoorlatendheidscoëfficiënt; de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor natuurlijke toe- en/of afvoer ($C_{vent;in;req} / C_{vent;out;req}$), voor infiltratie (C_{lea}), voor verplichte spuivoorzieningen ($C_{argl;in;req} / C_{argl;out;req}$) en verbrandingslucht voor open verbrandingstoestellen ($C_{comb;in;req}$) volgens 11.2.2, 11.2.3, 11.2.4 en 11.2.5;
 - de verdeling van de totale (natuurlijke) lucht volumestromen over de openingen i in de gebouwschil volgens 11.2.1.2;
 - de stromingsweerstand n van de (natuurlijke) lucht volumestromen voor opening i , bepaald volgens 11.2.1.3.
- 3) Bepaal voor de volgende stromen de massastroom volgens 11.2.1.5:
 - als gevolg van mechanische ventilatie ($q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$ en $q_{m;V;ETA;dis;zi,mi}$);
 - als gevolg van mechanische ventilatie (afvoer) bij open verbrandingstoestellen en $q_{m;V;comb;out;zi,mi}$;
 - maak daarbij gebruik van de volgende lucht volumestromen die berekend zijn bij een drukverschil van 1 Pa:
 - als gevolg van mechanische ventilatie: $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$ en $q_{V;ETA;eff;zi,mi}$ volgens 11.2.2.2;
 - als gevolg van open verbrandingstoestellen $q_{V;comb;out;zi,mi}$ volgens 11.2.4.
- 4) Bepaal de interne referentiedruk ($p_{z;ref}$) zodanig dat de massabalans volgens formule (11.5) voldoet aan de vereiste nauwkeurigheid. In 11.2.1.5 is een routine gegeven die moet worden gebruikt bij het bepalen van de $p_{z;ref}$.
- 5) Met de in stap 4 bepaalde $p_{z;ref}$ kunnen de volgende effectieve massastromen worden berekend:
 - de massastroom die van buiten de rekenzone naar binnen komt via ventilatievoorzieningen ($q_{m;V;vent;in;zi,mi}$);
 - de massastroom die van de rekenzone naar buiten toe treedt via ventilatievoorzieningen ($q_{m;V;vent;out;zi,mi}$);

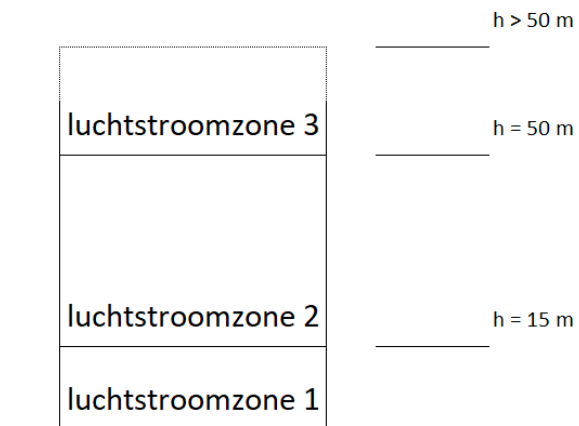
- de massastroom die van buiten de rekenzone naar binnen komt als gevolg van infiltratie ($q_{m;V;lea;in;zi,mi}$);
- de massastroom die van de rekenzone naar buiten toe treedt als gevolg van infiltratie ($q_{m;V;lea;out;zi,mi}$);
- de massastroom die van buiten naar binnen komt via verplichte spuivoorzieningen ($q_{m;V;argl;in;zi,mi}$);
- de massastroom die van binnen naar buiten komt via verplichte spuivoorzieningen ($q_{m;V;argl;out;zi,mi}$).

- 6) Bepaal de effectieve lucht volumestroom ($q_{v,eff}$) volgens 11.2.1.7. Een rekenzone kan uit meerdere luchtstroomzones bestaan. De effectieve lucht volumestroom bedraagt in dat geval de som van de effectieve lucht volumestroom van de luchtstroomzones.

OPMERKING Per berekening wordt het voorgaande stappenplan 24 keer doorlopen. Elke maand namelijk twee keer: één keer voor een situatie met koudebehoefte en één keer voor een situatie met warmtebehoefte.

11.2.1.2 Luchtdoorlatendheidscoëfficiënt ($C_{path,i}$)

De capaciteit van de totale luchtdoorlatendheidscoëfficiënt wordt over de gebouwschil (gevel, dak en vloer) verdeeld over de diverse openingen i in de schil. Daarbij is onder andere de hoogte van het gebouw van belang. Als uitgangspunt is gekozen dat de luchtstromen in een rekenzone evenredig verdeeld zijn over de totale gebouwhoogte. Het aantal luchtstroomzones is afhankelijk van de gebouwhoogte en blijkt uit de waarden gegeven in tabel 11.1 en is nader toegelicht in figuur 11.2.



Figuur 11.2 — Toelichting luchtstroomzone

Tabel 11.1 — Hoogte openingen ($H_{\text{path};i}$) en luchtdoorlatendheidscoëfficiënt ($C_{\text{path};i}$)

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
Rekenzone met: $H < 15$ m, bouwjaar < 1992, begrenzing beganegrondvloer *grond = kruipruimte								
Luchtstroomzone 1: <i>infiltratie</i>	$0,5 \times H$	$0,35 \times C_{\text{lea}}$	$0,5 \times H$	$0,35 \times C_{\text{lea}}$	H	$0,15 \times C_{\text{lea}}$	0	$0,15 \times C_{\text{lea}}$
Luchtstroomzone 1: <i>natuurlijke toevoer ventilatielucht</i>		$0,5 \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 1: <i>natuurlijke afvoer ventilatielucht</i>		$0,5 \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 1: <i>verplichte spuiventilatie – toevoer</i>		$0,5 \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 1: <i>verplichte spuiventilatie – afvoer</i>		$0,5 \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 1: <i>open verbrandingstoestellen</i>		$0,5 \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Voor de overige rekenzones met $H < 15$ m								
Luchtstroomzone 1: <i>infiltratie</i>	$0,5 \times H$	$0,4 \times C_{\text{lea}}$	$0,5 \times H$	$0,4 \times C_{\text{lea}}$	H	$0,2 \times C_{\text{lea}}$		
Luchtstroomzone 1: <i>natuurlijke toevoer ventilatielucht</i>		$0,5 \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$	–	–		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
Luchtstroomzone 1: <i>natuurlijke afvoer ventilatielucht</i>		$0,5 \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 1: <i>verplichte spuiventilatie – toevoer</i>		$0,5 \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 1: <i>verplichte spuiventilatie – afvoer</i>		$0,5 \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 1: <i>open verbrandingstoestellen</i>		$0,5 \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$		$0,5 \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Rekenzone met $15 \text{ m} \leq H < 50 \text{ m}$								
<i>Infiltratie</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{lea};\text{fde};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{lea}}$	7,5	$C_{\text{lea};\text{fde};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{lea}}$	–	–		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{lea}} - C_{\text{lea};\text{fde};\text{windward};1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{lea}} - C_{\text{lea};\text{fde};\text{leeward};1}$	–	–		
<i>Natuurlijke toevoer ventilatielucht</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$	–	–		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}} - C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}} - C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$	–	–		
<i>Natuurlijke afvoer ventilatielucht</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}} - C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{windward};1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}} - C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{leeward};1}$	–	–		
<i>Verplichte spuiventilatie – toevoer</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}} - C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}} - C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$	–	–		
<i>Verplichte spuiventilatie – afvoer</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}} - C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{windward};1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}} - C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{leeward};1}$	–	–		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
<i>Open verbrandingstoestellen</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 2	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}} - C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$	$15 + (H - 15) / 2$	$0,5 \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}} - C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$	–	–		
Rekenzone met $H \geq 50$ m								
<i>Infiltratie</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{lea};\text{fde};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{lea}}$	7,5	$C_{\text{lea};\text{fde};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{lea}}$	–	–		
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{\text{lea};\text{fde};\text{windward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{lea}}$	32,5	$C_{\text{lea};\text{fde};\text{leeward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{lea}}$	–	–		
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{lea};\text{fde};\text{windward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{lea}} - C_{\text{lea};\text{fde};\text{windward};1} - C_{\text{lea};\text{fde};\text{windward};2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{lea};\text{fde};\text{leeward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{lea}} - C_{\text{lea};\text{fde};\text{leeward};1} - C_{\text{lea};\text{fde};\text{leeward};2}$	–	–		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
	m		m					
<i>Natuurlijke toevoer ventilatielucht</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$				
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{windward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$	32,5	$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{leeward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$				
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{windward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}} - C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{windward};1} - C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{windward};2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{leeward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{vent};\text{in};\text{req}} - C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{leeward};1} - C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{leeward};2}$				
<i>Natuurlijke afvoer ventilatielucht</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$				
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{windward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$	32,5	$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{leeward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$				

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{windward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}} -$ $C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{windward};1} -$ $C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{windward};2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{leeward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{vent};\text{out};\text{req}} -$ $C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{leeward};1} -$ $C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{leeward};2}$				
<i>Verplichte spuiventilatie – toevoer</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times$ $C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times$ $C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{windward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times$ $C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$	32,5	$C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{leeward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times$ $C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{windward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}} -$ $C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{windward};1} -$ $C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{windward};2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{leeward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{argl};\text{in};\text{req}} -$ $C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{leeward};1} -$ $C_{\text{argl};\text{in};\text{req};\text{leeward};2}$	–	–		
<i>Verplichte spuiventilatie – afvoer</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times$ $C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times$ $C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$	–	–		

	Loefzijde		Lijzijde		Dak		Vloer	
	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$ m	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$	$H_{\text{path};i}$	$C_{\text{path};i}$
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{windward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$	32,5	$C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{leeward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{windward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}} - C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{windward};1} - C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{windward};2}$	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{leeward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{argl};\text{out};\text{req}} - C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{leeward};1} - C_{\text{argl};\text{out};\text{req};\text{leeward};2}$	–	–		
<i>Open verbrandingstoestellen</i>								
Luchtstroomzone 1	7,5	$C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{windward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$	7,5	$C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{leeward};1}$ $= 0,5 \times (15/H) \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 2	32,5	$C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{windward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$		$C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{leeward};2}$ $= 0,5 \times (35/H) \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$	–	–		
Luchtstroomzone 3	$50 + (H - 50) / 2$	$C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{windward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}} - C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{windward};1} - C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{windward};2}$		$C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{leeward};3}$ $= 0,5 \times C_{\text{comb};\text{in};\text{req}} - C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{leeward};1} - C_{\text{comb};\text{in};\text{req};\text{leeward};2}$	–	–		

waarin:

$H_{\text{path};i}$ is de hoogte van de opening i in de gebouwschil, in m;

$C_{\text{path};i}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt van opening i in de gebouwschil, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$;

C_{lea} is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$, bepaald volgens 11.2.5;

$C_{\text{vent};\text{out};\text{req}}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$, bepaald volgens 11.2.2.2;

$C_{\text{vent};\text{in};\text{req}}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$, bepaald volgens 11.2.2.2;

$C_{\text{argl};\text{in};\text{req}}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – toevoer naar binnen, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$, bepaald volgens 11.2.3.1;

$C_{\text{argl};\text{out};\text{req}}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – afvoer naar buiten, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$, bepaald volgens 11.2.3.1;

$C_{\text{comb};\text{in};\text{req}}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de open verbrandingstoestellen naar binnen, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$, bepaald volgens 11.2.4;

$C_{\text{lea};\text{fde};\text{windward};1,2,3}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$;

$C_{\text{lea};\text{fde};\text{leeward};1,2,3}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$;

$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{windward};1,2,3}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de ventilatietoevoer van buiten in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$;

$C_{\text{vent};\text{in};\text{req};\text{leeward};1,2,3}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de ventilatietoevoer van buiten in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$;

$C_{\text{vent};\text{out};\text{req};\text{windward};1,2,3}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de ventilatieafvoer naar buiten in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $\text{m}^3/\text{h}(\text{Pa})^n$;

$C_{vent;out;req;leeward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de ventilatieafvoer naar buiten in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $m^3/h(Pa)^n$;
$C_{argl;in;req;windward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – toevoer naar binnen in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $m^3/h(Pa)^n$;
$C_{argl;in;req;leeward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – toevoer naar binnen in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $m^3/h(Pa)^n$;
$C_{argl;out;req;windward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – afvoer naar buiten in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $m^3/h(Pa)^n$;
$C_{argl;out;req;leeward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – afvoer naar buiten in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $m^3/h(Pa)^n$;
$C_{comb;in;req;windward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de open verbrandingstoestellen naar binnen in de loefzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $m^3/h(Pa)^n$;
$C_{comb;in;req;leeward;1,2,3}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de open verbrandingstoestellen naar binnen in de lijzijde van het gebouw voor luchtstroomzone 1, 2 of 3, in $m^3/h(Pa)^n$;
H	is de buitenwerkse gebouwhoogte gemeten van het laagste punt van het maaiveld tot en met het hoogste punt van het gebouw, in m.

OPMERKING Sinds het Bouwbesluit van 1992 is kruipruimteventilatie niet meer verplicht. In plaats daarvan wordt sindsdien een eis gesteld aan de luchtdichtheid van de beganegrondvloer. Voor bestaande gebouwen (W&U) ouder dan 1992 is een lekfactor opgenomen voor de vloer. Uitgangspunt voor gebouwen hoger dan 15 m en voor gebouwen van na 1992 is dat de lekverliezen via de beganegrondvloer verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de lekverliezen via gevel en dak.

11.2.1.3 Stromingsexponent (n)

In tabel 11.2 zijn de te hanteren stromingsexponenten gegeven.

Tabel 11.2 — Stromingsexponent

Situatie	Symbool	Waarde
Lekverliezen	n_{lea}	0,67
Ventilatietoevoorzieningen	n_{vent}	0,5
Verplichte spuivoorzieningen	n_{argl}	0,5
Open verbrandingstoestellen	n_{comb}	0,5

11.2.1.4 Externe druk bij lucht volumestroom ($p_{\text{e,path};i,mi}$)

De externe druk bij lucht volumestroom i bij een H_{path} boven maaiveld is bepaald volgens:

$$p_{\text{e,path};i,zi,mi} = \rho_{\text{a;ref}} \cdot \frac{T_{\text{e;ref}}}{\vartheta_{\text{e;avg};mi} + 273} \cdot \left(0,5 \cdot C_{\text{p};i} \cdot u_{\text{site};mi}^2 - H_{\text{path};i} \cdot g \right)$$

(11.1)

waarin:

- $p_{\text{e,path};i,mi}$ is de externe druk bij lucht volumestroom i in maand mi , in Pa;
- $\rho_{\text{a;ref}}$ is de dichtheid van lucht op zeeniveau, bij 293 K en droge lucht, 1,205 kg/m³;
- $T_{\text{e;ref}}$ is de referentie buitentemperatuur, 293 K;
- $\vartheta_{\text{e;avg};mi}$ is de maandgemiddelde buitentemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1;
- $C_{\text{p};i}$ is de winddrukcoëfficiënt voor luchtstroom i , bepaald volgens tabel 11.3;
- $u_{\text{site};mi}$ is de windsnelheid ter hoogte van de beschouwde zone, in m/s, in maand mi , bepaald volgens tabel 17.1;
- $H_{\text{path};i}$ is de hoogte van de lucht volumestroom i , in m , bepaald volgens tabel 11.1;
- g is de zwaartekrachtversnelling, 9,81 m/s².

Tabel 11.3 — Dimensieloze winddrukcoëfficiënten

Hoogte van de luchtstroom op de gevel	Dimensieloze winddrukcoëfficiënt				
	C_p				
	Loefzijde C_p	Lijzijde C_p	Dak C_p		Vloer C_p
Laag $h_{\text{path}} < 15 \text{ m}$	+0,25	−0,50	−0,60		−0,20
Middel $15 \leq h_{\text{path}} < 50 \text{ m}$	+0,45	−0,50	−0,60		−
Hoog $h_{\text{path}} \geq 50 \text{ m}$	+0,80	−0,70	−0,70		−

OPMERKING De dimensieloze winddrukcoëfficiënt ter plaatse van de vloer is ingeschat op basis van de verhouding van de winddruk op de loef- en lijzijde.

11.2.1.5 Bepalen massastroomdebieten

De massastroom van een lucht volumestroom wordt bepaald door het product van de dichtheid van de lucht en de lucht volumestroom. Voor een luchtstroom die de rekenzone van buitenaf binnentreedt, wordt de massastroom als volgt bepaald:

$$q_m = \rho_{a,e} \cdot q \quad (11.2)$$

In de massabalans in formule (11.5) gaat dat om de volgende stromen: $q_{m;V;comb;in;zi,mi}$, $q_{m;V;argl;in;zi,mi}$, $q_{m;V;argll;in;zi,mi}$, $q_{m;V;vent;in;zi,mi}$ en $q_{m;V;lea;in;zi,mi}$.

De massastroom van een luchtstroom die in de rekenzone wordt afgevoerd, wordt als volgt bepaald:

$$q_m = \rho_{a,z} \cdot q \quad (11.3)$$

In de massabalans in formule (11.5) gaat dat om de volgende stromen: $q_{m;V;comb;out;zi,mi}$, $q_{m;V;argl;out;zi,mi}$, $q_{m;V;argll;out;zi,mi}$ + $q_{m;V;vent;out;zi,mi}$ en $q_{m;V;lea;out;zi,mi}$.

waarin:

- q is de luchtstroom bij een drukverschil van 1 Pa, in m³/h;
- q_m is de massastroom bij een drukverschil van 1 Pa, in kg/h;
- $\rho_{a,e}$ is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij T_e , in kg/m³;
- $\rho_{a,z}$ is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij T_i , in kg/m³;

waarbij:

- T_e is de buitentemperatuur, in K: $T_e = \vartheta_{e;avg;mi} + 273$; $\vartheta_{e;avg;mi}$ is bepaald volgens tabel 17.1;
- T_i is de temperatuur in de ventilatiezone, in K: $T_i = \vartheta_{int;set;stc} + 273$; $\vartheta_{int;set;stc}$ is bepaald volgens 7.9.4.

De dichtheid van de lucht is afhankelijk van de temperatuur van de lucht en wordt bepaald volgens formule (11.4):

$$\rho_T = \frac{T_{ref}}{T} \cdot \rho_{a;ref} \quad (11.4)$$

waarin:

- ρ_T is de dichtheid van lucht behorend bij T , in kg/m³;
- T_{ref} is de referentietemperatuur, 293 K;
- T is de temperatuur behorend bij ρ_T , in K;
- $\rho_{a;ref}$ is de dichtheid van lucht bij 293 K, 1,205 kg/m³.

11.2.1.6 Interne druk rekenzone

De interne druk $p_{z;ref}$ (Pa) die benodigd is voor de berekening van de massa van de volumestroom, wordt voor elke rekenzone zi per maand mi bepaald door de volgende massabalansvergelijking op te lossen. Op het moment dat een rekenzone volgens tabel 11.1 wordt opgesplitst in meerdere luchtstroomzones, moet de massabalans per luchtstroomzone worden opgesteld.

$$Q_{m;V;SUP;dis;zi,mi} + Q_{m;V;ETA;dis;zi,mi} + Q_{m;V;comb;in;zi,mi} + Q_{m;V;comb;out;zi,mi} + Q_{m;V;argl;in;zi,mi} + Q_{m;V;argl;out;zi,mi} + Q_{m;V;argll;in;zi,mi} + Q_{m;V;argll;out;zi,mi} + Q_{m;V;vent;in;zi,mi} + Q_{m;V;vent;out;zi,mi} + Q_{m;V;lea;in;zi,mi} + Q_{m;V;lea;out;zi,mi} = 0 \quad (11.5)$$

waarin:

- $Q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$ is de massastroom als gevolg van mechanische luchttoevoer in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, op basis van $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$ volgens 11.2.2.2. Bepaal de dichtheid van de lucht volumestroom $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$ volgens formule (11.4), uitgaande van $T = \vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi}$, volgens 11.3.2;
- $Q_{m;V;ETA;dis;zi,mi}$ is de massastroom als gevolg van mechanische luchtafvoer in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, op basis van $q_{V;ETA;eff;zi,mi}$ volgens 11.2.2.2. Bepaal de dichtheid van de lucht volumestroom $q_{V;ETA;eff;zi,mi}$ volgens formule (11.4), uitgaande van $T = T_{int;set;stc}$;
- $Q_{m;V;comb;in;zi,mi}$ is de in de rekenzone naar binnen komende massastroom als gevolg van open verbrandingstoestellen in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
- $Q_{m;V;comb;out;zi,mi}$ is de uit de rekenzone naar buiten gaande massastroom als gevolg van open verbrandingstoestellen in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, op basis van $q_{V;comb;out;zi,mi}$ volgens 11.2.4. Voor het bepalen van de massastroom van de lucht volumestromen $q_{V;comb;out;zi,mi}$ moet gebruik worden gemaakt van de dichtheid van de lucht zoals beschreven in 11.2.1.7;

$q_{m;V;argI;in;zi,mi}$	is de in de rekenzone naar binnen komende massastroom als gevolg van de vereiste spuiventilatie in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;argI;out;zi,mi}$	is de uit de rekenzone naar buiten gaande massastroom als gevolg van de vereiste spuiventilatie in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;argII;in;zi,mi}$	is de in de rekenzone naar binnen komende massastroom als gevolg van zomernachtventilatie in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, op basis van $q_{V;argII;in;zi,mi}$ volgens 11.2.3.3. Voor het bepalen van de massastroom van de lucht volumestromen $q_{V;argII;in;zi,mi}$ moet gebruik worden gemaakt van de dichtheid van de lucht zoals beschreven in 11.2.1.7;
$q_{m;V;argII;out;zi,mi}$	is de uit de rekenzone naar buiten gaande massastroom als gevolg van zomernachtventilatie in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h op basis van $q_{V;argII;out;zi,mi}$ volgens 11.2.3.3. Voor het bepalen van de massastroom van de lucht volumestromen $q_{V;argII;out;zi,mi}$ moet gebruik worden gemaakt van de dichtheid van de lucht zoals beschreven in 11.2.1.7;
$q_{m;V;vent;in;zi,mi}$	is de massastroom als gevolg van natuurlijke luchttoevoer in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;vent;out;zi,mi}$	is de massastroom als gevolg van natuurlijke luchtafvoer in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;lea;in;zi,mi}$	is de in de rekenzone naar binnen komende massastroom als gevolg van infiltratie in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7;
$q_{m;V;lea;out;zi,mi}$	is de uit de rekenzone naar buiten gaande massastroom als gevolg van infiltratie in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h, bepaald volgens 11.2.1.7.

Indien de rekenzone volgens tabel 11.1 wordt opgedeeld in meerdere luchtstroomzones, dan moeten de mechanische luchttoevoer van ventilatielucht ($q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$), de mechanische afvoer van ventilatielucht ($q_{m;V;ETA;dis;zi,mi}$), de in- en uitgaande lucht volumestroom als gevolg van zomernachtventilatie ($q_{m;V;argII;in;zi,mi}$ en $q_{m;V;argII;out;zi,mi}$) en de verbrandingsluchtafvoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen ($q_{m;V;comb;out;zi,mi}$) volgens het volgende principe worden bepaald (uitgeschreven voor $q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$, maar voor $q_{m;V;ETA;dis;zi,mi}$, $q_{m;V;argII;in;zi,mi}$, $q_{m;V;argII;out;zi,mi}$ en $q_{m;V;comb;out;zi,mi}$ volgens hetzelfde principe te bepalen):

Bij een rekenzone met $H \leq 50$ m:

$$q_{m;V;SUP;dis;zi;luchtstroomzone1;mi} = \frac{15}{H} \times q_{m;V;SUP;dis;zi,mi} \quad (11.6)$$

$$q_{m;V;SUP;dis;zi;luchtstroomzone2;mi} = \frac{(H-15)}{H} \times q_{m;V;SUP;dis;zi,mi} \quad (11.7)$$

Bij een rekenzone met $H > 50$ m:

$$q_{m;V;SUP;dis;zi;luchtstroomzone1;mi} = \frac{15}{H} \times q_{m;V;SUP;dis;zi,mi} \quad (11.8)$$

$$q_{m;V;SUP;dis;zi;luchtstroomzone2;mi} = \frac{35}{H} \times q_{m;V;SUP;dis;zi,mi} \quad (11.9)$$

$$q_{m;V;SUP;dis;zi;luchtstroomzone3;mi} = \frac{(H-50)}{H} \times q_{m;V;SUP;dis;zi,mi} \quad (11.10)$$

waarin:

$q_{m;V;SUP;dis;zi;luchtstroomzone 1,2,3;mi}$	is de massastroom als gevolg van mechanische luchttoevoer in luchtstroomzone 1, 2 of 3 in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h;
H	is de buitenwerkse gebouwhoogte gemeten van het laagste punt van het maaiveld tot en met het hoogste punt van het gebouw, in m;
$q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$	is de massastroom als gevolg van mechanische luchttoevoer in rekenzone zi , in maand mi , in kg/h op basis van $q_{V;SUP;eff;zi,mi}$ volgens 11.2.2.2.

Het berekenen van de massastromen op basis van de berekende ventilatiedebieten is beschreven in 11.2.1.5.

OPMERKING 1 Of er sprake is van een ingaande of uitgaande massastroom in geval van (natuurlijke) toevoervoorzieningen ($q_{m;V;vent}$) en infiltratie ($q_{m;V;lea}$), is afhankelijk van het drukverschil over de openingen ($\Delta p_{path;i}$).

Het drukverschil tussen de rekenzone en buiten over een luchtstroom i bij een H_{path} boven maaiveld is bepaald volgens de volgende formules waarbij de interne referentiedruk $p_{z;ref}$ de onbekende is:

$$\Delta p_{path;i,zi,mi} = p_{e,path;i,zi,mi} - p_{z,path;i,zi,mi} \quad (11.11)$$

$$p_{z,path;i,zi,mi} = p_{z;ref;mi} - \rho_{a;ref} \cdot H_{path;i} \cdot g \cdot \frac{T_{e;ref}}{T_{int;set;zi}} \quad (11.12)$$

$$p_{z;ref} = p_{z,path;i,zi,mi} + \rho_{a;ref} \cdot H_{path;i} \cdot g \cdot \frac{T_{e;ref}}{T_{int;set;zi}} \quad (11.13)$$

waarin:

$\Delta p_{path;i,zi,mi}$	is het drukverschil over luchtstroom i in rekenzone zi in maand mi , in Pa;
$p_{e,path;i,zi,mi}$	is de externe druk bij lucht volumestroom i in rekenzone zi in maand mi , in Pa, berekend volgens 11.2.1.4;
$p_{z,path;i,zi,mi}$	is de interne druk bij lucht volumestroom i in rekenzone zi in maand mi , in Pa;
$p_{z;ref;mi}$	is de interne referentiedruk in maand mi , in Pa;
$\rho_{a;ref}$	is de dichtheid van lucht op zeeniveau, bij 293 K en droge lucht, 1,205 kg/m ³ ;
$H_{path;i}$	is de hoogte van de opening, in m, bepaald volgens tabel 11.1;
g	is de zwaartekrachtversnelling, 9,81 m/s ² ;
$T_{e;ref}$	is de referentie buitentemperatuur, 293 K;
$T_{int;set;stc;zi}$	is het normale (thermisch comfortniveau) verwarmingstemperatuursetpoint in rekenzone zi , in K: $T_{int;set;stc} = \vartheta_{int;set;stc} + 273$; $\vartheta_{int;set;stc}$ is voor een situatie met koudebehoefte $\vartheta_{int;set;C;stc;zi,mi}$ en voor een situatie met warmtebehoefte $\vartheta_{int;set;H;stc;zi,mi}$, beide bepaald volgens 7.9.4.1.

Bepaal de $p_{z,ref}$ zodanig dat het verschil met de som van de massastromen in formule (11.5) ($\sum q_{m,v}; \dots$) voldoet aan de vereiste nauwkeurigheid 'x': $\text{abs}(\sum q_m) \leq x \text{ kg/h}$.

De vereiste nauwkeurigheid wordt als volgt bepaald:

$$q_{V,nauwkeurigheid} = q_{V,ODA;req;zi,mi} + q_{V,comb,in;zi,mi} - q_{V,comb,out;zi,mi} + q_{V,argl,in;zi,mi} + q_{V,argll,in} + q_{V1,lea;ref} \quad (11.14)$$

Als $q_{V,nauwkeurigheid} \leq 1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$x = 0,9 \text{ kg/h}$$

Als $q_{V,nauwkeurigheid} > 1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$x = \frac{q_{V,nauwkeurigheid}}{1\,000} \times 0,9 \text{ kg/h}$$

waarin:

$$\frac{q_{V,nauwkeurigheid}}{1\,000}$$

naar beneden moet worden afgerond op gehele getallen.

waarin:

$q_{V,ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi , in maand mi , in m^3/h , volgens 11.2.2.1;
$q_{V,comb,in;zi,mi}$	is de verbrandingsluchtoevoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone zi , in maand mi , in m^3/h , volgens 11.2.4;
$q_{V,comb,out;zi,mi}$	is de verbrandingsluchtafvoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone zi , in maand mi , in m^3/h , volgens 11.2.4;
$q_{V,argl,in;zi,mi}$	is de toevoerlucht volumestroom ten gevolge van de vereiste spui ventilatie in rekenzone zi , in maand mi , in m^3/h , volgens 11.2.3.1;
$q_{V,argll,in}$	is de ingaande lucht volumestroom in de rekenzone als gevolg van zomernachtventilatie, volgens 11.2.3.3.1;
$q_{V1,lea;ref}$	is de luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in m^3/h , bepaald volgens 11.2.5.

De volgende routine moet worden gebruikt voor het bepalen van de $p_{z,ref}$:

- 1) Bereken $p_{z,path;gem;zi,mi}$ door het gemiddelde te nemen van de minimale en de maximale $p_{e,path;i,zi,mi}$ in de luchtstroomzone van alle luchtstroompaden (dit zijn de aanwezige openingen met (natuurlijke) lucht volumestromen) in de luchtstroomzone. Bepaal vervolgens de eerste inschatting voor $p_{z,ref}$ waarbij gerekend wordt met H_{path} van de lekverliezen in de loefzijde van de luchtstroomzone:

$$p_{z,ref} = p_{z,path;gem;zi,mi} + \rho_{a,z} \times H_{path;lea} \times g \quad (11.15)$$

- 2) Bepaal de afzonderlijke massastromen q_m uit formules (11.2) en (11.3) met de berekende $p_{z,ref}$ uit stap 1.

- Bij het berekenen van $q_{m;V;vent;in;zi,mi}$, $q_{m;V;lea;in;zi,mi}$, $q_{m;V;vent;out;zi,mi}$ en $q_{m;V;lea;out;zi,mi}$, $q_{m;V;argl;in;zi,mi}$, $q_{m;V;argl;out;zi,mi}$, en $q_{m;V;comb;in;zi,mi}$ worden formules (11.1), (11.2), (11.3), (11.11), (11.12) en (11.19) op overeenkomstige wijze toegepast. In het algemeen geldt dat bij een ingaande luchtstroom ($\Delta p_{path;zi,mi}$ is positief) de dichtheid van lucht $\rho_{a,e}$ in formule (11.2) moet worden toegepast, en bij een uitgaande luchtstroom ($\Delta p_{path;zi,mi}$ is negatief) de dichtheid van lucht $\rho_{a,z}$ in formule (11.3) moet worden toegepast.
- Bij het berekenen van $q_{m;V;ETA;dis;zi,mi}$, $q_{m;V;argl;out;zi,mi}$ en $q_{m;V;comb;out;zi,mi}$ worden formules (11.2) en (11.3) op overeenkomstige wijze toegepast, uitgaande van de dichtheid van lucht bij $T_{int;set;stc}$ volgens 7.9.4.

Bij het berekenen van $q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$ en $q_{m;V;argl;in;zi,mi}$ wordt formule (11.2) op overeenkomstige wijze toegepast. Ga daarbij voor $q_{m;V;SUP;dis;zi,mi}$ uit van de dichtheid van lucht bij $\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi}$ volgens 11.3.2 en ga voor $q_{m;V;argl;in;zi,mi}$ uit van de dichtheid van lucht bij $q_{m;V;argl;in;zi,mi}$ volgens tabel 17.1. Bereken de som van de massastromen $\sum q_m$ volgens formule (11.5).

Indien $|\sum q_m|$ kleiner dan of gelijk is aan de vereiste nauwkeurigheid van x in kg/h, ga naar stap 12; indien niet, ga naar stap 3.

- 3) Stel $p_{z,ref;a}$ gelijk aan de waarde van de in stap 2 gehanteerde $p_{z,ref}$ en stel $q_{m;som;a}$ gelijk aan de in stap 2 gevonden waarde voor $\sum q_m$.
- 4) Stel $p_{z,ref;b}$ gelijk aan $(p_{z,ref;a} + 2 \text{ Pa})$.
- 5) Bereken de som van de massastromen $\sum q_m$ uitgaande van $p_{z,ref}=p_{z,ref;b}$, maar verder op dezelfde manier als in stap 2, en stel dan $q_{m;som;b}$ gelijk aan dit resultaat.
- Indien $|q_{m;som;b}|$ kleiner dan of gelijk is aan de vereiste nauwkeurigheid van x in kg/h, ga naar stap 12; indien niet, ga naar stap 6.
- 6) Als de waarden van $q_{m;som;a}$ en $q_{m;som;b}$ een van elkaar verschillend teken (+/-) hebben, ga naar stap 8.
- 7) In deze stap wordt een nieuwe waarde voor $p_{z,ref;a}$ of $p_{z,ref;b}$ gezocht, omdat in de vorige stap bleek dat $q_{m;som;a}$ (het resultaat met $p_{z,ref;a}$) en $q_{m;som;b}$ (het resultaat met $p_{z,ref;b}$) hetzelfde teken (+/-) hebben.

Bereken eerst r :

$$r = \text{sign}(p_{z,ref;b} - p_{z,ref;a}) \times \text{sign}(q_{m;som;b} - q_{m;som;a}) \quad (11.16)$$

De functie $\text{sign}(x)$ retourneert de waarde -1 als $x < 0$, en retourneert de waarde $+1$ als $x \geq 0$.

Als $|q_{m;som;a}|$ groter is dan $|q_{m;som;b}|$, stel dan $p_{z,ref;a}$ en $q_{m;som;a}$ gelijk aan $p_{z,ref;b}$ en respectievelijk $q_{m;som;b}$.

Bereken dan:

$$p_{z,ref;b} = p_{z,ref;a} - (2 \text{ Pa}) \times \text{sign}(q_{m;som;a}) \times r \quad (11.17)$$

Ga terug naar stap 5.

- 8) Bereken $p_{z,ref;c} = (p_{z,ref;a} + p_{z,ref;b})/2$ (11.18)

9) Bereken de som van de massastromen $\sum q_m$ uitgaande van $p_{z,ref} = p_{z,ref,c}$, maar verder op dezelfde manier als in stap 2, en stel dan $q_{m,som;c}$ gelijk aan dit resultaat.

10) Als $|q_{m,som;c}|$ kleiner dan of gelijk is aan de vereiste nauwkeurigheid van x in kg/h, ga naar stap 12.

11) Er is nog geen voldoende nauwkeurige oplossing gevonden.

Als $\text{sign}(q_{m,som;c})$ gelijk is aan $\text{sign}(q_{m,som;a})$, stel dan $p_{z,ref;a}$ en $q_{m,som;a}$ gelijk aan $p_{z,ref;c}$ en respectievelijk $q_{m,som;c}$, en anders stel $p_{z,ref;b}$ en $q_{m,som;b}$ gelijk aan $p_{z,ref;c}$ en respectievelijk $q_{m,som;c}$.

Ga terug naar stap 8.

12) De waarde van $p_{z,ref;c}$ is een voldoende nauwkeurige inschatting voor $p_{z,ref}$. $p_{z,ref}$ is daarmee vastgesteld.

OPMERKING 2 In de stappen 8 tot en met 12 wordt iteratief volgens een bisectiemethode een inschatting voor $p_{z,ref}$ gezocht. Deze methode kan pas gestart worden wanneer twee waarden voor $p_{z,ref}$ (in het voorschrift met de variabelen $p_{z,ref;a}$ en $p_{z,ref;b}$ aangeduid) gevonden worden die tot sommen van de massastromen $\sum q_m$ (in het voorschrift met de variabelen $q_{m,som;a}$ en respectievelijk $q_{m,som;b}$ aangeduid) met verschillend teken leiden.

11.2.1.7 Bepalen lucht volumestroom

Op het moment dat de interne referentiedruk, $p_{z,ref}$, bepaald is in 11.2.1.6, kan de effectieve lucht volumestroom worden bepaald. De effectieve lucht volumestroom wordt bepaald op basis van het drukverschil over de opening, de stromingsexponent en de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt van de opening:

$$q_v = C \times \Delta p^n \quad (11.19)$$

waarin:

q_v is de luchtstroom, in m³/h;

C is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt van de opening, in m³/h(Pa)ⁿ;

Δp is het drukverschil over de luchtstroom, in Pa;

n is de stromingsexponent van de opening.

Er is sprake van een ingaande lucht volumestroom op het moment dat $\Delta p_{path;i,mi}$ positief is. Bepaal de effectieve lucht volumestromen $q_{V,eff;in;k;zi,mi}$ die de rekenzone ingaan, volgens formule (11.20) met de in 11.2.1.6 vastgestelde $p_{z,ref;mi}$, te weten:

— $q_{V,eff;lea;in;zi,mi}$ op basis van elke opening i die aan de massastromen $q_{m;V;lea;in;zi,mi}$ en $q_{m;V;lea;out;zi,mi}$ bijdraagt;

— $q_{V,eff;vent;in;zi,mi}$ op basis van elke opening i die aan de massastromen $q_{m;V;vent;in;zi,mi}$ en $q_{m;V;vent;out;zi,mi}$ bijdraagt;

— $q_{V,eff;argl;in;zi,mi}$ op basis van elke opening i die aan de massastromen $q_{m;V;argl;in;zi,mi}$ en $q_{m;V;argl;out;zi,mi}$ bijdraagt;

— $q_{V,eff;comb;in;zi,mi}$ op basis van elke opening i die aan de massastroom $q_{m;V;comb;in;zi,mi}$ bijdraagt.

$$q_{V;\text{eff};\text{in};k;zi,mi} = \sum_{\text{path};i,zi} \begin{cases} 0, \text{ als } \Delta p_{\text{path};i,mi} \leq 0 \\ C_{\text{path};i} \times |\Delta p_{\text{path};i,mi}|^{n_i}, \text{ als } \Delta p_{\text{path};i,mi} > 0 \end{cases} \quad (11.20)$$

Er is sprake van een lucht volumestroom die de rekenzone uit gaat op het moment dat $\Delta p_{\text{path};i,mi}$ negatief is. Bepaal de effectieve lucht volumestromen $q_{V;\text{eff};\text{out};k;zi,mi}$ die de rekenzone uit gaan, volgens formule (11.21) met de in 11.2.1.6 vastgestelde $p_{z;\text{ref};mi}$ te weten:

- $q_{V;\text{eff};\text{vent};\text{out};zi,mi}$ op basis van elke opening i die aan de massastromen $q_{m;V;\text{vent};\text{in};zi,mi}$ en $q_{m;V;\text{vent};\text{out};zi,mi}$ bijdraagt;
- $q_{V;\text{eff};\text{lea};\text{out};zi,mi}$ op basis van elke opening i die aan de massastromen $q_{m;V;\text{lea};\text{in};zi,mi}$ en $q_{m;V;\text{lea};\text{out};zi,mi}$ bijdraagt;
- $q_{V;\text{eff};\text{argl};\text{out};zi,mi}$ op basis van elke opening i die aan de massastromen $q_{m;V;\text{argl};\text{in};zi,mi}$ en $q_{m;V;\text{argl};\text{out};zi,mi}$ bijdraagt.

$$q_{V;\text{eff};\text{out};k;zi,mi} = \sum_{\text{path};i,zi} \begin{cases} 0, \text{ als } \Delta p_{\text{path};i,mi} \geq 0 \\ -C_{\text{path};i} \times |\Delta p_{\text{path};i,mi}|^{n_i}, \text{ als } \Delta p_{\text{path};i,mi} < 0 \end{cases} \quad (11.21)$$

waarin:

$q_{V;\text{eff};\text{in};k;zi,mi}$	is de effectieve ingaande luchtstroom k , in rekenzone zi , in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;\text{eff};\text{out};k;zi,mi}$	is de effectieve uitgaande luchtstroom k , in rekenzone zi , in maand mi , in m ³ /h;
$\sum_{\text{path};i,zi}$	is de som van de effectieve luchtstroom over alle openingen van rekenzone zi (een rekenzone kan uit meerdere luchtstroomzones bestaan);
$C_{\text{path};i}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt van opening i in de gebouwschil, in m ³ /h(Pa) ⁿ , volgens 11.3.1.2;
$\Delta p_{\text{path};i,mi}$	is het drukverschil over opening i , in maand mi , in Pa, volgens 11.2.1.6;
n_i	is de stromingsexponent van opening i , volgens 11.2.1.3.

In tabel 11.4 zijn de effectieve luchtstromen weergegeven die kunnen worden bepaald, met de bijbehorende benamingen. De effectieve luchtstromen worden onder andere in de warmte- en koudebehoefteberekening in hoofdstuk 7 gebruikt.

In tabel 11.4 is tevens opgenomen welke temperatuur er aan de desbetreffende luchtstroom gekoppeld moet worden.

Tabel 11.4 — Effectieve luchtstromen 'k'

Effectieve luchtstroom	Omschrijving	Temperatuur luchtvolumestroom
$Q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$	Effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht, bepaald volgens formule (11.20)	$\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi}$ volgens 11.3.2, in °C
$Q_{V;eff;vent;out;zi,mi}$	Effectieve (natuurlijke) afvoerventilatielucht, bepaald volgens formule (11.21)	$\vartheta_{int;set;stc}$ volgens 7.9.4.1, in °C
$Q_{V;eff;lea;in;zi,mi}$	Effectieve infiltratie, bepaald volgens formule (11.20)	$\vartheta_{e;avg;mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1
$Q_{V;ODA;eff;zi,mi}$	De benodigde effectieve lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , bepaald volgens 11.2.2.2	$\vartheta_{e;avg;mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1
$Q_{V;SUP;eff;zi,mi}$	Effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht, bepaald volgens 11.2.2.2	$\vartheta_{SUP;dis;out;zi,mi}$ volgens 11.3.2, in °C
$Q_{V;ETA;eff;zi,mi}$	Effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht, waarbij $q_{V;ETA;eff;zi,mi} = q_{V;SUP;req;zi,mi}$, bepaald volgens 11.2.2.2	$\vartheta_{int;set;stc}$ volgens 7.9.4.1, in °C
$Q_{V;eff;argl;zi,mi}$	Effectieve vereiste spuicapaciteit, bepaald volgens formule (11.20)	$\vartheta_{e;avg;mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1
$Q_{V;eff;argl;zi,mi}$	Effectieve zomernachtventilatie, bepaald volgens 11.2.3.3 als $q_{V;argl;in;zi,mi}$	$\vartheta_{e;argl;mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur voor zomernachtventilatie, in °C, bepaald volgens tabel 17.1
$Q_{V;eff;comb;zi,mi}$	Effectieve verbrandingslucht, bepaald volgens formule (11.20)	$\vartheta_{e;avg;mi}$ maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C, bepaald volgens tabel 17.1

11.2.2 Aandeel van de ventilatievoorziening

11.2.2.1 Benodigde lucht volumestroom buitenlucht

11.2.2.1.1 Standaard

De benodigde lucht volumestroom van buitenlucht bij een referentiedrukverschil van 1 Pa wordt, voor rekenzone zi voor maand mi , als volgt bepaald:

$$q_{V;ODA;req;zi,mi} = \frac{f_{ctrl;zi,mi} \times f_{sys;zi,mi}}{\varepsilon_V \times f_{prac;req}} \times q_{V;ODA;req;des;zi,mi} \quad (11.22)$$

waarin:

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$ is de benodigde lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m³/h;

$f_{ctrl;zi,mi}$ is de systeemregelcorrectiefactor voor rekenzone zi voor maand mi , volgens 11.2.2.3.1;

$f_{sys;zi,mi}$ is de aan het ventilatiesysteem gerelateerde lucht volumestroomfactor voor rekenzone zi voor maand mi , volgens 11.2.2.3.2;

ε_V is de ventilatie-efficiëntie = 1;

$f_{prac;req}$ is de praktijkprestatiefactor voor het vereiste toevoerdebiet. $f_{prac;req} = 0,95$;

OPMERKING In de praktijkprestatiefactor voor het vereiste toevoerdebiet, $f_{prac;req}$, is rekening gehouden met vervuiling van toe- en afvoerkanalen van ventilatielucht, van ventielen, roosters e.d. en met normale veroudering van componenten.

$q_{V;ODA;req;des;zi,mi}$ is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerplucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.2.2.4.1.

11.2.2.1.2 Overventilatie voor warm tapwater en/of verwarming

In bepaalde situaties, zoals bij gebruik van warmtepompen (voor tapwaterboilers en/of voor verwarmingsboilers) met ventilatieretourlucht als warmtebron, kan het voorkomen dat voor het goed functioneren een grotere lucht volumestroom ('overventilatie') nodig is. In dat geval wordt de in formule (11.22) berekende $q_{V;ODA;req;zi,mi}$ als volgt bepaald:

$$q_{V;ODA;req;zi,mi} = \frac{f_{ctrl;zi,mi} \times f_{sys;zi,mi}}{\varepsilon_V \times f_{prac;req}} \times (1 - f_{H;\tau;hp-on;mi} - f_{W;\tau;hp-on;mi}) \times q_{V;ODA;req;des;zi,mi} + f_{H;\tau;hp-on;mi} \times q_{V;hp;H;zi,mi} + f_{W;\tau;hp-on;mi} \times q_{V;hp;W;zi,mi} \quad (11.23)$$

$$q_{V;hp;H;zi,mi} = MAX(q_{V;hp;H} \times \frac{A_{g;zi}}{\sum_{s,zi} A_{g;zi}}; q_{V;ODA;req;zi,mi}) \quad (11.23a)$$

waarin:

$q_{V,ODA,req,zi,mi}$ is de benodigde lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h ;

$f_{ctrl,zi,mi}$ is de systeemregelcorrectiefactor voor rekenzone zi voor maand mi , volgens 11.2.2.3.1;

$f_{sys,zi,mi}$ is de aan het ventilatiesysteem gerelateerde lucht volumestroomfactor voor rekenzone zi voor maand mi , volgens 11.2.2.3.1;

ε_v is de ventilatie-efficiëntie = 1;

$f_{prac,req}$ is de praktijkprestatiefactor voor het vereiste toevoerdebiet, $f_{prac,req} = 0.95$;

OPMERKING In de praktijkprestatiefactor voor het vereiste toevoerdebiet, $f_{prac,req}$, is rekening gehouden met vervuiling van toe- en afvoerkanalen van ventilatielucht, van ventielen, roosters e.d. en met normale veroudering van componenten.

$f_{H:hp-on,mi}$ ~~$f_{r,hp-on,H,mi}$~~ is de correctiefactor voor het aantal bedrijfsuren per etmaal van een warmtepomp op ventilatieretourlucht voor ruimteverwarming waarbij sprake is van eventuele overventilatie in maand mi . De ~~$f_{r,hp-on,H,mi}$~~ wordt volgens Q.5.3 bepaald als er een kwaliteitsverklaring van de warmtepomp op ventilatieretourlucht beschikbaar is.

$f_{H:r,hp-on,mi}$ ~~$f_{r,hp-on,W,mi}$~~ is de correctiefactor voor het aantal bedrijfsuren per etmaal van een warmtepomp op ventilatieretourlucht voor warm tapwater waarbij sprake is van eventuele overventilatie in maand mi . De ~~$f_{r,hp-on,W,mi}$~~ wordt bepaald volgens 13.8.2.4.

$q_{V:hp:H,zi,mi}$ is de lucht volumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een verwarmingssysteem, bepaald door de voor de warmtepomp (hp) van de in het systeemontwerp opgenomen, voor verwarmingssystemen benodigde, ventilatieretourluchtcapaciteit, in m^3/h . In geval van een kwaliteitsverklaring wordt $q_{V:hp:H,zi,mi}$ bepaald met formule (11.23a).

$q_{V:hp:H}$ is de lucht volumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een verwarmingssysteem volgens opgave van de leverancier, in m^3/h .

$q_{V:hp:W,zi,mi}$ is de lucht volumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een warmtapwatersysteem, bepaald door de voor de warmtepomp (hp) van de in het systeemontwerp opgenomen, voor warmtapwater benodigde, ventilatieretourluchtcapaciteit, in m^3/h , bepaald in 13.8.2.4.

OPMERKING 1 De gezamenlijke tijdsfractie voor tapwater en verwarmen ($f_{r,hp-on,H,mi} + f_{r,hp-on,W,mi}$) kan niet groter dan 1 zijn. Dat is beschreven in 13.8.2.4.

OPMERKING 2 Er zijn geen forfaitaire waarden ~~s~~ gegeven voor de tijdsfractie en het ventilatiedebiet voor overventilatie voor een warmtepomp op ventilatieretourlucht voor ruimteverwarming.

$f_{v, hp-on; mi}$ is de correctiefactor voor het aantal bedrijfsuren per etmaal van een warmtepompboiler en waarbij sprake is van overventilatie in maand mi , bepaald in 13.8.2.4 in geval van overventilatie voor de bereiding van alleen warm tapwater en in andere gevallen bepaald overeenkomstig $f_{v, hp-on; mi}$ volgens Q.5.2.1;

$q_{V, hp; zi, mi}$ is de lucht volumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een warmtapwater of verwarmingssysteem, bepaald door de voor de warmtepomp (hp) van de in het systeemontwerp opgenomen, voor warmtapwater of verwarmingssystemen benodigde, ventilatieretourluchtcapaciteit, in m^3/h , bepaald in 13.8.2.4 in geval van overventilatie voor de bereiding van alleen warm tapwater en in andere gevallen bepaald in Q.5.3 en daar omschreven als $q_{ve, mech, hp}$

OPMERKING 3 Er is sprake van overventilatie indien de op een bepaald moment voor het warmtapwater of verwarmingssysteem benodigde hoeveelheid ventilatieretourlucht groter is dan de benodigde ventilatiecapaciteit.

OPMERKING 4 Indien voor de instelling van de warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een verwarmingssysteem een hoger ventilatiedebiet $q_{V, hp; H}$ vereist is (bijvoorbeeld bepaald aan de hand van het gebruiksoppervlak van een woning) dan het debiet dat in de verklaring is opgegeven als minimum, dan dient behoort dit hogere debiet $q_{V, hp; H}$ als resultaat van de verklaring opgegeven te worden.

In bijlage Q wordt de dimensieloze factor voor de contributie van buitenlucht aan de totale bronzijdige (verdamp(er))lucht volumestroom, $f_{buitenlucht}$ met een waarde tussen 0 en 1 gebruikt. Die wordt als volgt bepaald:

$$f_{buitenlucht} = 1 - \frac{q_{V, ODA; req; zi, mi}}{q_{V, hp; H; zi, mi} + q_{V, hp; zi, mi}} \quad (11.24)$$

waarin:

$f_{buitenlucht}$ is de dimensieloze factor voor de contributie van buitenlucht aan de totale bronzijdige (verdamp(er))lucht volumestroom;

$q_{V, ODA; req; zi, mi}$ is de benodigde lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h , bepaald volgens formule (11.22).

$q_{V, hp; H; zi, mi}$ is de lucht volumestroom die minimaal nodig is voor het goed functioneren van een warmtepomp met de ventilatievolumestroom als warmtebron van een verwarmingssysteem, bepaald door de voor de warmtepomp (hp) van de in het systeemontwerp opgenomen, voor verwarmingssystemen benodigde, ventilatieretourluchtcapaciteit, in m^3/h . In geval van een kwaliteitsverklaring wordt $q_{V, hp; H; zi, mi}$ bepaald met formule (11.23a).

11.2.2.2 Benodigde lucht volumestroom ventilatiesystemen

Afhankelijk van het ventilatiesysteem wordt het toe- en afvoerdebiet van het ventilatiesysteem bepaald. Het debiet kan bestaan uit een natuurlijke lucht volumestroom en een mechanische lucht volumestroom. In geval van een natuurlijke lucht volumestroom ($q_{V, vent; in; zi}$ en $q_{V, vent; out; zi}$) wordt de effectieve lucht volumestroom bepaald volgens 11.2.1.7. Hoe de mechanische lucht volumestromen ($q_{V, SUP; eff; zi, mi}$ en $q_{V, ETA; eff; zi, mi}$) en de luchtdoorlatendheidscoëfficiënten voor natuurlijke ventilatievoorzieningen worden bepaald, is hierna per ventilatiesysteem beschreven.

11.2.2.2.1 Ventilatie via natuurlijke toevoer – Natuurlijke afvoer

Als VENT_SYS_OP = NATURAL_OP, dan geldt:

$$q_{V;SUP;eff;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ETA;eff;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ODA;eff;zi,mi} = q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$$

waarin:

$q_{V;SUP;eff;zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;ETA;eff;zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;ODA;eff;zi,mi}$	is de benodigde effectieve lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h, volgens 11.2.1.7.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) lucht volumestroom voor ventilatietoever naar binnen, wordt als volgt bepaald:

$$C_{vent;in;req} = \frac{q_{V;ODA;req;zi,mi}}{(\Delta p)^n} \quad (11.25)$$

waarin:

$C_{vent;in;req}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoever naar binnen, in m ³ /h(Pa) ⁿ ;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde lucht volumestroom van buiten voor rekenzone zi voor maand mi , in m ³ /h, bepaald volgens 11.2.2.1;
Δp	is een drukverschil van 1 Pa;
n	is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) lucht volumestroom voor ventilatieafvoer naar buiten, wordt als volgt bepaald:

$$C_{vent;out;req} = \frac{q_{V;ODA;req;zi,mi}}{(\Delta p)^n} \quad (11.26)$$

waarin:

$C_{vent;out;req}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in m ³ /h(Pa) ⁿ ;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde lucht volumestroom van buiten voor rekenzone zi voor maand mi , in m ³ /h, bepaald volgens 11.2.2.1;
Δp	is een drukverschil van 1 Pa;

n is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

11.2.2.2 Ventilatie via mechanische toevoer – Natuurlijke afvoer

Als VENT_SYS_OP = SUPPLY_OP, dan geldt:

$$q_{V;SUP;eff;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi}$$

$$q_{V;ETA;eff;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ODA;eff;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi}$$

waarin:

$q_{V;SUP;eff;zi,mi}$ is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m³/h;

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$ is de in rekenzone zi in maand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.2.2.1;

$q_{V;ETA;eff;zi,mi}$ is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m³/h;

$q_{V;ODA;eff;zi,mi}$ is de benodigde effectieve lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m³/h.

Voor de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) lucht volumestroom, geldt:

$$C_{vent;in;req} = 0$$

waarin:

$C_{vent;in;req}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoever naar binnen, in m³/h(Pa)ⁿ.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) lucht volumestroom, wordt als volgt bepaald:

$$C_{vent;out;req} = \frac{q_{V;ODA;req;zi,mi}}{(\Delta p)^n} \quad (11.27)$$

waarin:

$C_{vent;out;req}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in m³/h(Pa)ⁿ;

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$ is de benodigde lucht volumestroom van buiten voor rekenzone zi voor maand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.2.2.1;

Δp is een drukverschil van 1 Pa;

n is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

11.2.2.2.3 Ventilatie via natuurlijke toevoer – Mechanische afvoer

Als VENT_SYS_OP = EXTRACT_OP, dan geldt:

$$q_{V;SUP;eff;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ETA;eff;zi,mi} = -q_{V;ODA;req;zi,mi}$$

$$q_{V;ODA;eff;zi,mi} = q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$$

waarin:

$q_{V;SUP;eff;zi,mi}$ is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m³/h;

$q_{V;ETA;eff;zi,mi}$ is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m³/h;

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$ is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone zi in maand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.2.2.1;

$q_{V;ODA;eff;zi,mi}$ is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m³/h;

$q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$ is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi in maand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.2.1.7.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, wordt als volgt bepaald:

$$C_{vent;in;req} = \frac{q_{V;ODA;req;zi,mi}}{(\Delta p)^n} \quad (11.28)$$

waarin:

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$ is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone zi voormaand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.2.2.1;

Δp is een drukverschil van 1 Pa;

n is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

Voor de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, geldt:

$$C_{vent;out;req} = 0$$

waarin:

$C_{vent;out;req}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in m³/h(Pa)ⁿ.

11.2.2.2.4 Balansventilatie

Als VENT_SYS_OP = BALANCED_OP, dan geldt:

$$Q_{V;SUP;eff;zi,mi} = Q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$$

$$Q_{V;ETA;eff;zi,mi} = Q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$$

$$Q_{V;ODA;eff;zi,mi} = Q_{V;ODA;req;zi,mi}$$

$$Q_{V;eff;vent;in;zi,mi} = 0$$

$$Q_{V;eff;vent;out;zi,mi} = 0$$

waarin:

$Q_{V;SUP;eff;zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$Q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die naar rekenzone zi in maand mi wordt toegevoerd, in m ³ /h, bepaald volgens 11.3.1.1;
$Q_{V;ETA;eff;zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$Q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h, bepaald volgens 11.3.1.2;
$Q_{V;ODA;eff;zi,mi}$	is de benodigde effectieve lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m ³ /h;
$Q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h, bepaald volgens 11.2.2.1;
$Q_{V;eff;vent;in;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$Q_{V;eff;vent;out;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) afvoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h.

Voor de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, geldt:

$$C_{vent;in;req} = 0$$

waarin:

$C_{vent;in;req}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in m ³ /h(Pa) ⁿ .
-------------------	--

$$C_{vent;out;req} = 0$$

waarin:

$C_{vent;out;req}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in m ³ /h(Pa) ⁿ .
--------------------	---

11.2.2.2.5 Gecombineerd ventilatiesysteem

Als VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP, dan geldt:

Een deel van de rekenzone wordt uitgevoerd met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing. Het overige deel van de rekenzone is voorzien van een ander ventilatiesysteem. De verhouding tussen die beide ventilatiesystemen wordt als volgt bepaald:

$$f_{\text{overig}} = \frac{A_{VG;\text{totaal}} - A_{VG;\text{BAL-DEC}}}{A_{VG;\text{totaal}}} \quad (11.29)$$

$$f_{\text{BAL-DEC}} = \frac{A_{VG;\text{BAL-DEC}}}{A_{VG;\text{totaal}}} \quad (11.30)$$

waarin:

f_{overig} is het deel van de rekenzone met een ventilatiesysteem anders dan decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing;

$f_{\text{BAL-DEC}}$ is het deel van de rekenzone met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing;

$A_{VG;\text{BAL-DEC}}$ is de verblijfsgebiedsoppervlakte met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing in de rekenzone, in m²;

$A_{VG;\text{totaal}}$ is de totale verblijfsgebiedsoppervlakte van de rekenzone, in m².

Voor het gedeelte $f_{\text{BAL-DEC}}$ met ventilatiesysteem D.5a (decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing) volgens tabel 11.5 geldt:

$$q_{V;\text{SUP;eff};zi,mi} = q_{V;\text{SUP;dis;out};zi,mi} \times f_{\text{BAL-DEC}} \quad (11.31)$$

$$q_{V;\text{ETA;eff};zi,mi} = -q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi} \times f_{\text{BAL-DEC}} \quad (11.32)$$

$$q_{V;\text{ODA;eff};zi,mi} = q_{V;\text{ODA;req};zi,mi} \times f_{\text{BAL-DEC}} \quad (11.33)$$

$$q_{V;\text{eff;vent;in};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{eff;vent;out};zi,mi} = 0$$

waarin:

$q_{V;\text{SUP;eff};zi,mi}$ is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m³/h;

$q_{V;\text{SUP;dis;out};zi,mi}$ is de hoeveelheid lucht die naar rekenzone zi in maand mi wordt toegevoerd, in m³/h, bepaald volgens 11.3.1.1;

$f_{\text{BAL-DEC}}$ is het deel van de rekenzone met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing;

$q_{V;\text{ETA;eff};zi,mi}$ is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m³/h;

$q_{V;\text{ETA;dis;in};zi,mi}$ is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.3.1.2;

$q_{V,ODA,eff,zi,mi}$	is de benodigde effectieve lucht volumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h ;
$q_{V,ODA,req,zi,mi}$	is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h , bepaald volgens 11.2.2.1;
$q_{V,eff,vent,in,zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi , in maand mi , in m^3/h ;
$q_{V,eff,vent,out,zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) afvoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi , in maand mi , in m^3/h .

Voor de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt die wordt gebruikt voor de effectieve (natuurlijke) luchtvolumestroom, geldt:

$$C_{vent,in,req} = 0$$

waarin:

$C_{vent,in,req}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoevoer naar binnen, in $m^3/h(Pa)^n$.

$$C_{vent,out,req} = 0$$

waarin:

$C_{vent,out,req}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in $m^3/h(Pa)^n$.

Bepaal voor het gedeelte f_{overig} het ventilatieprincipe volgens tabel 11.5 met daarbij de volgende mogelijkheden: NATURAL_OP, SUPPLY_OP, EXTRACT_OP of BALANCED_OP. Voor het gedeelte f_{overig} geldt, afhankelijk van het ventilatieprincipe, het volgende:

Als VENT_SYS_OP f_{overig} = NATURAL_OP, dan geldt:

$$q_{V,SUP,eff,zi,mi} = 0$$

$$q_{V,ETA,eff,zi,mi} = 0$$

$$q_{V,ODA,eff,zi,mi} = q_{V,eff,vent,in,zi,mi} \quad (11.34)$$

$$C_{vent,in,req} = \frac{q_{V,ODA,req,zi,mi} \times f_{overig}}{(\Delta p)^n} \quad (11.35)$$

$$C_{vent,out,req} = \frac{q_{V,ODA,req,zi,mi} \times f_{overig}}{(\Delta p)^n} \quad (11.36)$$

Als VENT_SYS_OP f_{overig} = SUPPLY_OP, dan geldt:

$$q_{V,SUP,eff,zi,mi} = q_{V,ODA,req,zi,mi} \times f_{overig} \quad (11.37)$$

$$q_{V,ETA,eff,zi,mi} = 0$$

$$q_{V,ODA,eff,zi,mi} = q_{V,ODA,req,zi,mi} \times f_{overig} \quad (11.38)$$

$$C_{\text{vent};\text{in};\text{req}} = 0$$

$$C_{\text{vent};\text{out};\text{req}} = \frac{q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}}}{(\Delta p)^n} \quad (11.39)$$

Als VENT_SYS_OP $f_{\text{overig}} = \text{EXTRACT_OP}$, dan geldt:

$$q_{V;\text{SUP};\text{eff};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{ETA};\text{eff};zi,mi} = -q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.40)$$

$$q_{V;\text{ODA};\text{eff};zi,mi} = q_{V;\text{eff};\text{vent};\text{in};zi,mi} \quad (11.41)$$

$$C_{\text{vent};\text{in};\text{req}} = \frac{q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}}}{(\Delta p)^n} \quad (11.42)$$

$$C_{\text{vent};\text{out};\text{req}} = 0$$

Als VENT_SYS_OP $f_{\text{overig}} = \text{BALANCED_OP}$, dan geldt:

$$q_{V;\text{SUP};\text{eff};zi,mi} = q_{V;\text{SUP};\text{dis};\text{out};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.43)$$

$$q_{V;\text{ETA};\text{eff};zi,mi} = -q_{V;\text{ETA};\text{dis};\text{in};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.44)$$

$$q_{V;\text{ODA};\text{eff};zi,mi} = q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi} \times f_{\text{overig}} \quad (11.45)$$

$$q_{V;\text{eff};\text{vent};\text{in};zi,mi} = 0$$

$$q_{V;\text{eff};\text{vent};\text{out};zi,mi} = 0$$

$$C_{\text{vent};\text{in};\text{req}} = 0$$

$$C_{\text{vent};\text{out};\text{req}} = 0$$

waarin:

$q_{V;\text{SUP};\text{eff};zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) toevoer van buitenlucht ten behoeve van ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h ;
$q_{V;\text{SUP};\text{dis};\text{out};zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die naar rekenzone zi in maand mi wordt toegevoerd, in m^3/h , bepaald volgens 11.3.1.1;
$q_{V;\text{ETA};\text{eff};zi,mi}$	is de effectieve (mechanische) afvoer ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h ;
$q_{V;\text{ETA};\text{dis};\text{in};zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h , bepaald volgens 11.3.1.2;
$q_{V;\text{ODA};\text{eff};zi,mi}$	is de benodigde effectieve luchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h ;
$q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi}$	is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h , bepaald volgens 11.2.2.1;

$q_{V,eff;vent;in;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) toevoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi in maand mi , in m^3/h ;
$q_{V,eff;vent;out;zi,mi}$	is de effectieve (natuurlijke) afvoer ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi in maand mi , in m^3/h ;
$C_{vent;in;req}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatietoever naar binnen, in $m^3/h(Pa)^n$;
$q_{V,ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde lucht volumestroom van buiten voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h , bepaald volgens 11.2.2.1;
Δp	is een drukverschil van 1 Pa;
n	is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3;
$C_{vent;out;req}$	is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de natuurlijke ventilatieafvoer naar buiten, in $m^3/h(Pa)^n$;
$q_{V,ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde lucht volumestroom van buiten voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h , bepaald volgens 11.2.2.1;
f_{overig}	is het deel van de rekenzone met een ventilatiesysteem anders dan decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO ₂ -sturing, bepaald volgens formule (11.29).

11.2.2.3 Kenmerken ventilatiesysteem

Voor de ventilatiesysteemgerelateerde lucht volumestroomfactor in rekenzone zi in maand mi , $f_{sys;zi,mi}$, geldt:

Indien $f_{sys;tabel\ 11.6} \geq f_{sys;tabel\ 11.5}$:

$$f_{sys;zi,mi} = (1 - \tau_{sysC;zi,mi}) \times f_{sys;tabel\ 11.5} + \tau_{sysC;zi,mi} \times f_{sys;tabel\ 11.6} \quad (11.46)$$

Indien $f_{sys;tabel\ 11.6} < f_{sys;tabel\ 11.5}$:

$$f_{sys;zi,mi} = f_{sys;tabel\ 11.5} \quad (11.47)$$

Voor de correctiefactor voor het regelsysteem in rekenzone zi in maand mi , $f_{ctrl;zi,mi}$, geldt:

Indien $f_{ctrl;tabel\ 11.6} \geq f_{ctrl;tabel\ 11.5}$:

$$f_{ctrl;zi,mi} = (1 - \tau_{sysC;mi}) \times f_{ctrl;tabel\ 11.5} + \tau_{sysC;mi} \times f_{ctrl;tabel\ 11.6} \quad (11.48)$$

Indien $f_{ctrl;tabel\ 11.6} < f_{ctrl;tabel\ 11.5}$:

$$f_{ctrl;zi,mi} = f_{ctrl;tabel\ 11.5} \quad (11.49)$$

waarin:

$f_{sys;tabel\ X}$ is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde lucht volumestroomfactor ontleend aan tabel 11.5 ($X = 11.5$) of tabel 11.8 ($X = 11.8$);

$f_{sys;zi,mi}$	is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor in rekenzone zi in maand mi ;
$\tau_{sysC;zi,mi}$	is de dimensieloze temperatuurgewogen tijdfractie maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit in rekenzone zi per maand mi , ontleend aan 11.2.2.3.3, in geval van: <ul style="list-style-type: none"> — koudebehoefte voor ventilatiesysteemvarianten met maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit volgens 11.2.2.3.3; — warmtebehoefte en bij koudebehoefte voor systeemvarianten zonder maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit, $\tau_{sysC;mi} = 0$;
$f_{ctrl;tabel\ X}$	is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem ontleend aan tabel 11.5 ($X = 11.5$) of tabel 11.6 ($X = 11.6$);
$f_{ctrl;zi,mi}$	is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem in rekenzone zi in maand mi .

De vormgeving van formules (11.46) t/m (11.49) zou aanleiding kunnen zijn om te denken dat hiermee een gewogen gemiddelde voor warmtebehoefte en koudebehoefte wordt berekend. Dit is niet het geval. De getalswaarden voor $f_{sys;mi}$ en $f_{ctrl;mi}$ moeten voor warmtebehoefte (H) en voor koudebehoefte (C) apart worden berekend.

11.2.2.3.1 Systeemgerelateerde ventilatie bij warmte- en koudebehoefte

De rekenwaarden voor de ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor, f_{sys} , en correctiefactor voor het regelsysteem, f_{ctrl} , van gebouwen worden voor gangbare systeemvarianten voor warmte- en koudebehoefte gegeven in tabel 11.5.

OPMERKING 1 Het effect van regelstanden is in de systeemregelcorrectiefactor, f_{ctrl} , verdisconteerd.

Tabel 11.5 — Rekenwaarde luchtvolumestroomfactor en correctiefactor voor het regelsysteem per ventilatievoorziening bij warmte- en koudebehoefte

	Ventilatievoorziening	f_{sys}	f_{ctrl}		
			Woon-functie	Andere gebruiks-functie	
A	VENT_SYS_OP = NATURAL_OP Systemen met natuurlijke toe- en afvoer				
	A.1 ^a	Standaard	1,00	1,00	0,95
	A.2a	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa		0,85	0,81
	A.2b	Luchtdrukgestuurde toevoer $1 \text{ Pa} < \Delta p \leq 5 \text{ Pa}$		0,90	0,85
	A.2c	Luchtdrukgestuurde toevoer $5 \text{ Pa} < \Delta p \leq 10 \text{ Pa}$ of roostertype onbekend maar zelfregelende klep wel aanwezig		0,93	0,88

B	VENT_SYS_OP = SUPPLY_OP				
	Systemen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer				
	B.1 ^a	Standaard	1,00	1,00	1,02
	B.2	Tijdsturing op toevoer, zonder zonering		0,85	0,87
	B.3 ^{def}	CO ₂ -meting per verblijfsruimte, CO ₂ -sturing op toevoer, met zonering		0,57	N.v.t.
	B.3 ^d	CO ₂ -sturing per verblijfsruimte		N.v.t.	0,58
C	VENT_SYS_OP = EXTRACT_OP				
	Systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer				
	C.1 ^a	Standaard	1,00	1,00	1,32
	C.2a	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa		0,83	1,10
	C.2b	Luchtdrukgestuurde toevoer $1 \text{ Pa} < \Delta p \leq 5 \text{ Pa}$		0,88	1,17
	C.2c	Luchtdrukgestuurde toevoer $5 \text{ Pa} < \Delta p \leq 10 \text{ Pa}$ of roostertype onbekend maar zelfregelende klep wel aanwezig		0,93	1,23
	C.3a	Tijdsturing afvoer, zonder zonering		0,90	1,10
	C.3b	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, tijdsturing afvoer, zonder zonering		0,75	0,92
	C.3c	Tijdsturing toevoer, afvoer zonder zonering		0,68	N.v.t.
	C.3c	Tijdsturing toe- en afvoer zonder zonering		N.v.t.	0,84
	C.4a ^d	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO ₂ -meting in de woonkamer, zonder zonering		0,80	N.v.t.
	C.4b ^{de}	CO ₂ -sturing op de toevoer in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, in overige verblijfsruimten luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa. Gecombineerd met sturing op afvoer door CO ₂ -metingen in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, zonder zonering		0,52	N.v.t.
	C.4b ^d	CO ₂ -sturing indirect op toevoer per verblijfsruimte, zonder zonering		N.v.t.	0,61
	C.4c ^{de}	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO ₂ -metingen in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer, zonder zonering		0,59	N.v.t.
		C.4c ^d		Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, CO ₂ -sturing op afvoer per verblijfsruimte, zonder zonering	N.v.t.

C.5a ^{def}	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO ₂ -metingen in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer, met zonering		0,56	N.v.t.
C.5b ^{def}	Luchtdrukgestuurde toevoer $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO ₂ -metingen in de woonkamer en ten minste de hoofdslaapkamer, met zonering en afzonderlijke afvoerpunten per verblijfsruimte		0,55	N.v.t.
D VENT_SYS_OP = BALANCED_OP Systemen met mechanische toe- en afvoer; balansventilatie				
D.1 ^a	Standaard	1,00	1,00	1,00
D.2 ^a	Centrale WTW-installatie zonder zoneringen en zonder sturing		1,00	1,00
D.3	Centrale WTW, sturing op toe- of afvoer door CO ₂ -meting in de woonkamer, zonder zonering		0,80	N.v.t.
D.3	Centrale WTW. CO ₂ -sturing op toe- of afvoer		N.v.t.	1,00
D.4a ^g	Tijdsturing zonder zonering		0,90	1,00
D.4b ^{fg}	Tijdsturing met zonering		0,80	N.v.t.
D.4b ^g	Tijdsturing met twee of meer zones (of verblijfsgebieden)		N.v.t.	1,00
D.5a ^{defg}	CO ₂ -metingen in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, sturing op toe- of afvoer door CO ₂ -metingen in de woonkamer en de hoofdslaapkamer, met zonering		0,52	N.v.t.
D.5a	Centrale WTW. CO ₂ -metingen in verblijfsruimten en sturing op toe- of afvoer		N.v.t.	0,67
D.5b ^{def}	Decentrale WTW. CO ₂ -metingen in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, sturing op toe- of afvoer door CO ₂ -metingen in de woonkamer en de hoofdslaapkamer, met zonering		0,52	N.v.t.
D.5b	Decentrale WTW. CO ₂ -metingen in verblijfsruimten en sturing op toe- of afvoer		N.v.t.	0,67
D.5c ^{de}	Centrale WTW. CO ₂ -metingen in ten minste de woonkamer en de hoofdslaapkamer, sturing op toe- of afvoer door CO ₂ -metingen in de woonkamer en de hoofdslaapkamer, zonder zonering		0,59	N.v.t.
E VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP Gecombineerde systemen				
E.1 ^c	Systeemdeel D: decentrale WTW (systeem D.5b); Systeemdeel met een ander ventilatiesysteem	$f_{\text{sysE.1}}$	$f_{\text{ctrlE.1}}$	$f_{\text{ctrlE.1}}$

^a Met handmatige bediening.

^c De $f_{\text{sysE.1}}$ en $f_{\text{ctrlE.1}}$ worden als volgt bepaald:

$$f_{\text{sysE.1}} = \frac{A_{\text{VG;HRU}} \times 1,0 + (A_{\text{g;totaal}} - A_{\text{VG;HRU}}) \times f_{\text{sys;overig}}}{A_{\text{g;totaal}}} \quad (11.50)$$

Voor woonfuncties geldt:

$$f_{\text{ctrlE.1}} = \frac{A_{\text{VG;HRU}} \times 0,52 + (A_{\text{g;totaal}} - A_{\text{VG;HRU}}) \times f_{\text{ctrl;overig}}}{A_{\text{g;totaal}}} \quad (11.51)$$

Voor andere gebruiksfuncties geldt:

$$f_{\text{ctrlE.1}} = \frac{A_{\text{VG;HRU}} \times 0,67 + (A_{\text{g;totaal}} - A_{\text{VG;HRU}}) \times f_{\text{ctrl;overig}}}{A_{\text{g;totaal}}} \quad (11.52)$$

waarin:

- $f_{\text{sysE.1}}$ is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor voor ventilatiesysteem E.1;
- $f_{\text{ctrlE.1}}$ is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem voor ventilatiesysteem E.1;
- $A_{\text{VG;HRU}}$ is de verblijfsgebiedsoppervlakte met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing in de rekenzone, in m²;
- $A_{\text{g;totaal}}$ is de totale gebruiksoppervlakte van de rekenzone;
- $f_{\text{sys;overig}}$ is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolumestroomfactor van het ventilatiesysteem, in m², dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing in de rekenzone wordt toegepast;
- $f_{\text{ctrl;overig}}$ is de dimensieloze correctiefactor volgens deze tabel voor het regelsysteem van het ventilatiesysteem dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing in de rekenzone wordt toegepast.

^d Het setpoint voor CO₂-sturing is maximaal 1 200 ppm.

^e Wanneer de woonkamer en hoofdslaapkamer dezelfde verblijfsruimte zijn, bijvoorbeeld bij studio's of studentenwoningen, dan kan worden volstaan met één CO₂-meting. Hiermee wordt dan zowel in de dag- als nachtperiode de ventilatielucht geregeld en wordt voldaan aan het principe van het betreffende systeem.

^f Bij systemen met zonering zijn de woonkamer en hoofdslaapkamer niet in één zone gelegen.

^g Systeem kan zowel met als zonder WTW worden toegepast.

Indien uitsluitend het hoofdprincipe van het ventilatiesysteem (systeem, A, B, C, D of E) kan worden vastgesteld, dan moet voor de berekening de standaardsysteemvariant van het betreffende ventilatiesysteem worden gehanteerd.

OPMERKING 2 De verschillende ventilatiesystemen zijn in bijlage S nader toegelicht.



11.2.2.3.2 Systeemgerelateerde ventilatie bij koudebehoefte onder maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit

Voor situaties met koudebehoefte waarbij de, voor de door het Bouwbesluit nagestreefde ventilatiedoelinden, geïnstalleerde ventilatiecapaciteit maximaal wordt benut voor koelen, worden in

tabel 11.6 rekenwaarden gegeven voor de luchtvolumestroomfactor, f_{sys} , en de correctiefactor voor het regelsysteem, f_{ctrl} .

Alleen in die situaties waar voor koudebehoefte expliciet de geïnstalleerde capaciteit volledig wordt benut (passieve koeling), worden $f_{\text{sys};z_i,mi}$ en $f_{\text{ctrl};z_i,mi}$ bepaald door verdiscontering temperatuurgewogen tijdsfractie, $\tau_{\text{sys};G}$, waarbij sprake is van volledige benutting van de maximale ventilatiecapaciteit. Dit betekent dat er ten minste sprake moet zijn van een automatische sturing van het ventilatiesysteem waarbij die sturing afhankelijk is van de actuele gemeten binnen- én buitentemperatuur. Alleen een bypass bij gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning is onvoldoende om ervan uit te gaan dat de geïnstalleerde capaciteit van het ventilatiesysteem maximaal wordt benut.

Tabel 11.6 — Rekenwaarde ventilatiesysteemfactor en systeemregelcorrectiefactor per ventilatievoorziening bij koudebehoefte onder maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit

	Ventilatievoorziening				
		f_{sys}	f_{ctrl}	f_{sys}	f_{ctrl}
A	Systemen met natuurlijke toe- en afvoer	1,00	1,00	1,00	1,00
B	Systemen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer	1,00			
C	Systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	1,00			
D	Systemen met mechanische toe- en afvoer; balansventilatie	1,00			
E	Gecombineerde systemen				
E.1 ^a	Systeemdeel D: decentrale WTW (systeem D.5b); systeemdeel met een ander ventilatiesysteem	$f_{\text{sysE.1}}$	$f_{\text{ctrlE.1}}$	$f_{\text{sysE.1}}$	$f_{\text{ctrlE.1}}$

^a De $f_{\text{sysE.1}}$ en $f_{\text{ctrlE.1}}$ worden als volgt bepaald:

$$f_{\text{sysE.1}} = \frac{A_{\text{VG,HRU}} \times 1,0 + (A_{\text{VG,totaal}} - A_{\text{VG,HRU}}) \times f_{\text{sys,overig}}}{A_{\text{VG,totaal}}} \tag{11.53}$$

$$f_{\text{ctrlE.1}} = \frac{A_{\text{VG,HRU}} \times 1,0 + (A_{\text{VG,totaal}} - A_{\text{VG,HRU}}) \times f_{\text{ctrl,overig}}}{A_{\text{VG,totaal}}} \tag{11.54}$$

waarin:

$f_{\text{sysE.1}}$	is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolume­stroomfactor voor ventilatiesysteem E.1;
$f_{\text{ctrlE.1}}$	is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem voor ventilatiesysteem E.1;
$A_{\text{VG,HRU}}$	is de verblijfsgebiedsoppervlakte met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO ₂ -sturing in de rekenzone, in m ² ;
$A_{\text{VG,totaal}}$	is de totale verblijfsgebiedsoppervlakte van de rekenzone, in m ² ;
$f_{\text{sys,overig}}$	is de dimensieloze ventilatiesysteemgerelateerde luchtvolume­stroomfactor van het ventilatiesysteem dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO ₂ -sturing in de rekenzone wordt toegepast;
$f_{\text{ctrl,overig}}$	is de dimensieloze correctiefactor voor het regelsysteem van het ventilatiesysteem dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO ₂ -sturing in de rekenzone wordt toegepast.

11.2.2.3.3 Tijdfractie bij koudebehoefte

Bij ventilatiesysteemontwerpen waar voor koudebehoefte expliciet de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit volledig wordt benut, worden de temperatuurgewogen tijdfracties voor de maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit τ_{sysC} ontleend aan tabel 11.7. In tabel 11.7 zijn eveneens de tijdfractie voor spuivoorzieningen bij een koelbehoefte $\tau_{\text{arglC,mi}}$ en de temperatuurgewogen tijdfracties voor de inzet van een WTW-bypassvoorziening, τ_{bypass} en de tijdfractie voor zomernachtventilatie, $\tau_{\text{arglI,mi}}$ opgenomen. Bij ventilatiesysteemontwerpen waar voor koudebehoefte expliciet de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit volledig wordt benut, worden de temperatuurgewogen tijdfracties voor de maximale benutting van de geïnstalleerde ventilatiecapaciteit τ_{sysC} ontleend aan tabel 11.7. In tabel 11.7 zijn eveneens de tijdfractie voor spuivoorzieningen bij een koelbehoefte $\tau_{\text{arglC,mi}}$ en de temperatuurgewogen tijdfracties voor de inzet van een WTW-bypassvoorziening, τ_{bypass} , de tijdfractie voor zomernachtventilatie, $\tau_{\text{arglI,mi}}$, en de tijdfractie dat er sprake is van koudeterugwinning via de WTW, $\tau_{\text{C,mi}}$ opgenomen.

Tabel 11.7 — Temperatuurgewogen tijdfracties

Maand (mi)	$\tau_{\text{sysC,mi}}$	$\tau_{\text{bypass,mi}}$	$\tau_{\text{arglC,mi}}$	$\tau_{\text{arglI,mi}}$	$\tau_{\text{C,mi}}$
Januari	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Februari	0,11	0,11	0,01	0,02	0,00
Maart	0,08	0,08	0,02	0,00	0,00
April	0,30	0,30	0,04	0,00	0,00
Mei	0,73	0,73	0,06	0,12	0,15
Juni	0,88	0,88	0,08	0,18	0,08
Juli	1,00	1,00	0,08	0,28	0,17
Augustus	0,93	0,93	0,08	0,25	0,17
September	0,89	0,89	0,06	0,17	0,08
Oktober	0,56	0,56	0,04	0,06	0,00
November	0,17	0,17	0,02	0,01	0,00
December	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00

OPMERKING 1 De in tabel 11.7 gegeven temperatuurgewogen tijdfracties ($\tau_{sysC,mi}$ en $\tau_{bypass,mi}$) zijn afgeleid uit een warmtebalansberekening op uurbasis.

OPMERKING 2 De $\tau_{arglC,mi}$ is in de zomermaanden beperkt tot gemiddeld circa twee uur per dag (half uur in de ochtend voor 'luchten' en anderhalf uur in de avond zodra de buitentemperatuur voldoende is gezakt) om onjuist gebruik van spuivoorzieningen (ramen openen bij hoge buitentemperaturen) niet te waarderen, aangezien dat door de maandgemiddelde waarden niet tot uitdrukking zou komen in een berekening volgens deze bepalingmethode. Voor aanvullende natuurlijke ventilatieve koeling (zomernachtventilatie) wordt verwezen naar 11.2.3.3.

OPMERKING 3 Bij de bepaling van de tijdsfractie voor zomernachtventilatie volgens 11.2.3.3 ($\tau_{arglI,mi}$) is verondersteld dat er sprake is van zomernachtventilatie bij $13\text{ °C} < T_e < 24\text{ °C}$ in de periode tussen 22:00 uur en 06:00 uur.

11.2.2.4 Volumestroom van systeemgerelateerde ventilatie in gebouwen

11.2.2.4.1 Algemeen

De aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht, $q_{V,ODA;req;des;zi,mi}$, wordt, voor rekenzone zi per maand mi , als volgt afgeleid uit de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit, indien deze bekend is:

$$q_{V,ODA;req;des;inst;zi,mi} = f_{\tau} \times (f_{\text{erugregel};zi} \times q_{V;inst;zi}) \times 3,6 \quad (11.55)$$

De minimale aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht, $q_{V,ODA;req;des;reken;zi,mi}$, wordt, voor rekenzone zi per maand mi , als volgt afgeleid uit de volgens de bouwregelgeving minimaal vereiste ventilatiecapaciteit:

$$q_{V,ODA;req;des;reken;zi,mi} = f_{\text{lea};du;zi} \times f_{\text{lea};ahu;uzi} \times f_{\tau} \times (q_{\text{usi};spec;functie;g} \times A_g) \times 3,6 \quad (11.56)$$

Voor de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht, $q_{V,ODA;req;des;zi,mi}$, geldt vervolgens, voor rekenzone zi per maand mi :

indien de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit onbekend is:

$$q_{V,ODA;req;des;zi,mi} = q_{V,ODA;req;des;reken;zi,mi} \quad (11.57)$$

in overige situaties:

$$q_{V,ODA;req;des;zi,mi} = \max [q_{V,ODA;req;des;inst;zi,mi}; q_{V,ODA;req;des;reken;zi,mi}] \quad (11.58)$$

waarin:

$q_{V,ODA;req;des;zi,mi}$ is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h ;

$q_{V,ODA;req;des;inst;zi,mi}$ is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht op basis van de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h ;

$q_{V,ODA;req;des;reken;zi,mi}$	is de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht op basis van de volgens de bouwregelgeving minimaal vereiste ventilatiecapaciteit voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h ;
f_t	is de dimensieloze correctiefactor voor de bezettingstijd, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfunctie usi in de beschouwde rekenzone, bepaald volgens tabel 11.8;
$f_{terugregel;zi}$	is de dimensieloze correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht voor rekenzone zi , bepaald volgens 11.2.2.4.2;
$q_{V;inst;zi}$	is de daadwerkelijk geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit voor rekenzone zi , bepaald volgens 11.2.2.4.2, in dm^3/s ;
$f_{lea;du;zi}$	is de dimensieloze correctiefactor voor luchttekverlies uit luchttoevoerkanalen voor rekenzone zi , bepaald volgens 11.2.2.5.2;
$f_{lea;ahu;zi}$	is de dimensieloze correctiefactor voor luchttekverlies uit luchtbehandelingskasten voor rekenzone zi , bepaald volgens 11.2.2.5.2;
$q_{usi;spec;functie g}$	is de aan de specifieke ventilatiecapaciteit, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties (functie g) in de beschouwde rekenzone, bepaald volgens tabel 11.8, in $dm^3/(s \times m^2)$;
A_g	is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, bepaald volgens NEN 2580, in m^2 ;
$\max[a;b]$	is de functie ter bepaling van de hoogste waarde van de parameters a en b .

11.2.2.4.2 Correctie voor geïnstalleerde capaciteit hoger dan op basis van regelgeving vereist is

De hierna volgende aanvullende gegevens zijn nodig voor de bepaling van de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde luchtvolumestroom, $q_{V,ODA;req;des;inst;mi}$ volgens 11.2.2.4.1, afgeleid uit de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit:

$$f_{terugregel;zi} = f_{terugregel;recirculatie;zi} \times f_{terugregel;debietregeling;zi} \quad (11.59)$$

waarin:

$f_{terugregel;zi}$	is de dimensieloze correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht voor rekenzone zi , bepaald volgens 11.2.2.4.2;
$f_{terugregel;recirculatie}$	is de dimensieloze correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht als gevolg van recirculatie, bepaald volgens 11.2.2.4.2;
$f_{terugregel;debietregeling;zi}$	is de dimensieloze correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht als gevolg van debietregeling.

Voor de correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht, $f_{terugregel;zi}$, geldt:

— voor de berekening van de koudebehoefte geldt: $f_{\text{terugregel};zi} = 1$;

— voor de berekening van de warmtebehoefte geldt:

a) voor woningen: $f_{\text{terugregel};zi} = 1$;

b) voor categorie utiliteitsbouw en woongebouwen met een collectieve ventilatievoorziening:

1) bij voorzieningen voor menging van rechtstreeks van buiten komende verse lucht met retourlucht, waarbij x % van de retourlucht ($q_{V;ETA;dis;out;zi}$) kan worden gerecirculeerd:

$$f_{\text{terugregel};recirculatie;zi} = 1 - x/100 \quad (11.60)$$

waarin:

$$x = 20.$$

OPMERKING 1 De waarde van x wordt bepaald door het systeemontwerp. Indien kan worden aangetoond dat een hogere waarde van x op het systeem van toepassing is, mag x dienovereenkomstig worden aangepast, naar beneden afgerond op veelvouden van 10.

Als het niet bekend is of er sprake is van recirculatie, dan geldt: $f_{\text{terugregel};recirculatie;zi} = 1$.

2) bij voorzieningen voor debietregeling, waarbij de lucht volumestroom door de centrale luchtbehandelingsinstallatie tot ten minste x % van $q_{V;ODA;req;des;zi,mi}$ kan worden teruggeregeld:

$$f_{\text{terugregel};debietregeling;zi} = x/100 \quad (11.61)$$

waarin:

$$x = 80.$$

OPMERKING 2 De waarde van x wordt bepaald door het systeemontwerp. Indien kan worden aangetoond dat een lagere waarde voor x op het systeem van toepassing is, mag x dienovereenkomstig worden aangepast, naar boven afgerond op veelvouden van 10.

Als het niet bekend is of er sprake is van een debietregeling, dan geldt: $f_{\text{terugregel};debietregeling;zi} = 1$.

3) in alle andere gevallen $f_{\text{terugregel};zi} = 1$.

De daadwerkelijk geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit, $q_{V;inst}$, wordt bepaald volgens 5.1 van NEN 1087:2001 voor nieuwbouw en 4.1 van NEN 8087:2001 voor bestaande bouw, in dm^3/s :

$$q_{V;inst;zi} = q_{V;inst;1a;zi} + q_{V;inst;1b;zi} + q_{V;inst;1c;zi} + q_{V;inst;1d;zi} \quad (11.62)$$

waarin:

$q_{V;inst;1a}$ is de geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit van natuurlijke toevoer van buitenlucht voor rekenzone zi , in dm^3/s ;

$q_{V;inst;1b}$ is de geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit van natuurlijke toevoer van buitenlucht door een ruimte (zoals een serre of atrium) waar natuurlijke opwarming plaatsvindt voor rekenzone zi , in dm^3/s ;

$q_{V;inst;1c}$ is de geïnstalleerde/te installeren (decentrale) ventilatiecapaciteit van mechanische toevoer van buitenlucht voor rekenzone zi , in dm^3/s ;

$q_{V,inst;1d}$

is de geïnstalleerde/te installeren (centrale) ventilatiecapaciteit aan mechanische toevoer van door een daartoe aangebrachte voorziening voorverwarmde of gekoelde buitenlucht voor rekenzone z_i , in dm^3/s .

De daadwerkelijk geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit, $q_{V,inst;z_i}$, geldt niet ($q_{V,inst;z_i} = 0$) in situaties:

- bij warmtebehoefte voor ventilatiesystemen met vraagsturing (bijvoorbeeld CO_2 -sturing) in woningen;

OPMERKING 3 Bij de volgende ventilatiesystemen is er sprake van een vraagsturing: B2, B3, C3a, C3b, C3c, C4a, C4b, C4c, C5a, C5b, D3, D4a, D4b, D5a, D5b, D5c en E1.

~~— waar de extra ventilatiecapaciteit alleen in bijzondere situaties, zoals voor nachtventilatie, wordt toegepast.~~

OPMERKING 4 Het daadwerkelijke geïnstalleerde/ te installeren ventilatiecapaciteit, $q_{V,inst;z_i}$, is de ventilatiecapaciteit inclusief de eventueel geïnstalleerde capaciteit ten behoeve van passieve koeling zoals bedoeld in 11.2.2.3.2.

11.2.2.5 Systeemgerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit

11.2.2.5.1 Algemeen

De hierna volgende aanvullende gegevens zijn nodig voor de bepaling van de aan de ventilatievoorziening gerelateerde, tijdgemiddelde toevoerluchtvolumestroom, $q_{V,ODA;req;des}$ in 11.2.2.4.1.

De aan de gebruiksfunctie (functie g) gerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit, $q_{usi;spec;functie g}$, wordt ontleend aan tabel 11.8, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$, waarbij voor woningen de volgende ondergrens moet worden aangehouden:

$$(q_{usi;spec;functie g} \times A_g) \geq 35 \text{ (dm}^3/\text{s)} \quad (11.63)$$

Bij een rekenzone waarbinnen meer dan één ($N_{Woon;z_i}$) afzonderlijke woonfunctie is gecombineerd (zoals in woongebouwen), geldt de minimumwaarde per individuele woonfunctie, in welk geval:

$$(q_{usi;spec;functie g} \times A_g) \geq (35 \times N_{Woon;z_i}) \text{ (dm}^3/\text{s)} \quad (11.64)$$

waarin:

$N_{Woon;z_i}$ is het aantal woonfuncties per rekenzone, bepaald volgens 6.6.6;

$q_{usi;spec;functie g}$ is de aan de gebruiksfunctie (functie g) gerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit, bepaald volgens tabel 11.8, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$.

Bij opsplitsing van een woning in rekenzones geldt de minimumwaarde voor de gehele woning; in dat geval geldt als ondergrens:

$$(q_{usi;spec;functie g} \times A_{g;z_i}) \geq (35 \times (A_{g;z_i} / A_g)) \text{ (dm}^3/\text{s)} \quad (11.65)$$

waarin:

A_g is de gebruiksoppervlakte van de gehele woning, in m^2 .

OPMERKING De minimale waarde is gebaseerd op art. 3.29 (nieuwbouw) en art 3.38 (bestaande bouw) van het Bouwbesluit 2012 voor een kleine woning met keuken en gecombineerde bad-/toiletruimte.

Tabel 11.8 — Aan gebruiksfunctie gerelateerde specifieke ventilatiecapaciteit en correctiefactor voor de bezettingstijd van een gebouw of deel van een gebouw

(Sub)gebruiksfunctie			$q_{vr;spec;Bb}^a$ $dm^3/(s \times m^2)$	f_{nut}^b	f_{vg}^b	$q_{usi;spec}^b$ $dm^3/(s \times m^2)$	f_{τ}
Categorie woningbouw							
Woonfunctie			0,9	1,25	0,7	0,50	0,80
Categorie utiliteitsbouw	Specifieke capaciteit volgens bouwregelgeving dm^3/s per persoon	Ontwerp-aantal pers. per m^2VG^a	$q_{vr;spec;Bb}^a$ $dm^3/(s \times m^2)$	f_{nut}^b	f_{vg}^b	$q_{usi;spec}^b$ $dm^3/(s \times m^2)$	f_{τ} –
Bijeenkomstfunctie							
a) Voor kinderopvang	6,5	0,535	3,48			2,78	0,30
b) Andere bijeenkomstfunctie	4	0,535	2,14	1,0	0,8	1,71	0,15
Celfunctie voor cel	12	0,088	1,05			0,84	0,80
Gezondheidszorgfunctie							
a) Bedgebied	12	0,213	2,55			2,04	0,80
b) Ander verblijfsgebied	6,5	0,213	1,38			1,11	0,30
Industriefunctie	6,5						
Kantoorfunctie	6,5	0,213	1,38			1,11	0,30
Logiesfunctie zijnde een logiesgebouw	12	0,088	1,05			0,84	0,40
Onderwijsfunctie	8,5	0,535	4,55			3,64	0,30
Sportfunctie	6,5	0,088	0,57			0,46	0,30
Winkelfunctie	4	0,088	0,35			0,28	0,40

^a Specifieke capaciteit respectievelijk ontwerpaantal personen per m^2 verblijfsgebied (VG) volgens bouwregelgeving. De waarden zijn ontleend aan de in het Bouwbesluit 2012 voor nieuwbouw gegeven capaciteitseisen voor verblijfsruimten.

^b f_{vg} is de conversie van verblijfsruimte naar gebruiksoppervlak; f_{nut} is de verrekening van nuttig dubbel gebruik van systeemventilatielucht voor verschillende ruimten $q_{usi;spec} = f_{vg} \times (1/f_{nut}) \times q_{vr;spec;Bb}$.

11.2.2.5.2 Correctie voor luchtlekken in ventilatiekanalen en AHU's

Bij systemen met mechanische ventilatie via kanalen moet de specifieke systeemstroom worden gecorrigeerd met de in tabel 11.9 gegeven correctiefactor voor luchtlekken in de ventilatiekanalen $f_{\text{lea;du}}$. De correctiefactor is een maat voor de overmaat aan onbenutte ventilatie door luchtlekken in toe- en afvoerkanalen, gecorrigeerd voor het effect hiervan op het warmte- of koudeverlies.

Tabel 11.9 — Correctiefactor voor warmteverlies door luchtlekken uit of naar ventilatiekanalen

Ventilatievoorziening	Luchtdichtheids klasse	$f_{\text{lea;du}}$
Met toe- en/of afvoerkanaal	Onbekend	1,10
	LUKA A, B, C ^a	1,05
	LUKA D ^a	1,00
Zonder kanaal		1,00 ^b
^a Uitgaande van een luchtkanalsysteem compleet uitgevoerd in luchtdichtheidsklasse LUKA A, resp. B, C of D, bepaald volgens NEN-EN 1507 [10], NEN-EN 12237 [11] en/of NEN-EN 15727 [12]. <u>Bij kanalen die over meer dan 75% van hun lengte zijn ingestort, voor kunststof leidingsystemen en voor metalen kanalen waarvan de verbindingen zijn afgedicht kan zonder meting worden uitgegaan worden van klasse A,B,C.</u>		
^b Pro-formarekenwaarde voor systemen met natuurlijke ventilatie <u>(VENT. SYS. OP = NATURAL OP)</u> en kanaallose mechanische ventilatie.		

Bij systemen met een AHU moet de specifieke systeemstroom worden gecorrigeerd met een correctiefactor voor luchtlekken in de AHU, $f_{\text{lea;ahu}}$ van 1,02. De correctiefactor is een maat voor de overmaat aan onbenutte ventilatie door luchtlekken in de AHU.

Bij het ontbreken van een AHU geldt: $f_{\text{lea;ahu}} = 1,0$.

OPMERKING 1 Bij een goed ingeregeld systeem worden de toe- en afvoervoorzieningen in de ruimten op de ontwerpcapaciteiten ingesteld. Leklucht die op andere plekken binnen de gebouwschil uit de toevoerkanalen lekt of naar de afvoerkanalen lekt, wordt daarom geacht de ventilatie te verhogen. De extra ventilatie door leklucht zorgt niet altijd voor een evenredig groot warmte- of koudeverlies. Ook het al of niet behandelen (verwarmen of koelen) van ventilatielucht door toevoerkanalen is van invloed. De correctiefactoren $f_{\text{lea;du}}$ in tabel 11.9 zijn voor deze effecten globaal gecorrigeerd.

OPMERKING 2 De waarde $f_{\text{lea;ahu}}$ van 1,02 is gebaseerd op een AHU-luchtdichtheidsklasse A3, B3 of C3 volgens NEN-EN 13142.

11.2.3 Aandeel van de spuivoorziening

Het aandeel van de spuivoorzieningen wordt bepaald door de in- en uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van spuien, $q_{V;\text{argl};\text{in};\text{zi};\text{mi}}$ en $q_{V;\text{argl};\text{out};\text{zi};\text{mi}}$ zoals bepaald in 11.2.3.1, en de luchtvolumestroom als

gevolg van de lucht volumestroom om de koelbehoefte (zomernachtventilatie) te beperken, $q_{V,argl;in;zi,mi}$ en $q_{V,argl;out;zi,mi}$ zoals bepaald in 11.2.3.3.

waarin:

$q_{V,argl;in;zi,mi}$ is de toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h ;

$q_{V,argl;out;zi,mi}$ is de afvoer luchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h ;

$q_{V,argl;in;zi,mi}$ is de luchtvolumestroom die de rekenzone binnentreedt als gevolg van zomernachtventilatie, in m^3/h ;

$q_{V,argl;out;zi,mi}$ is de luchtvolumestroom die de rekenzone verlaat als gevolg van zomernachtventilatie, in m^3/h .

11.2.3.1 Luchtvolumestroom door vereiste spuiventilatie

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de toe- en afvoer van de vereiste spuiventilatie wordt als volgt bepaald:

$$C_{argl;in;req} = \frac{q_{V,argl;in;zi,mi}}{(\Delta p)^{n_{argl}}} \quad (11.66)$$

$$C_{argl;out;req} = \left| \frac{q_{V,argl;out;zi,mi}}{(\Delta p)^{n_{argl}}} \right| \quad (11.67)$$

waarin:

$C_{argl;in;req}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – toevoer naar binnen, in $m^3/h(Pa)^n$;

$C_{argl;out;req}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor de vereiste spuiventilatie – afvoer naar buiten, in $m^3/h(Pa)^n$;

$q_{V,argl;in;zi,mi}$ is de toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone zi in maand mi bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in m^3/h ;

$q_{V,argl;out;zi,mi}$ is de afvoer luchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie in rekenzone zi in maand mi bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in m^3/h ;

Δp is een drukverschil van 1 Pa;

n_{argl} is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

De toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spuiventilatie $q_{V,argl;in;zi,mi}$, volgt uit:

$$q_{V,argl;in;zi,mi} = \tau_{argl;mi} \times q_{ve;spec;spui;zi,mi} \times A_{g;zi} \times 3,6 \quad (11.68)$$

$$q_{V,argl;out;zi,mi} = -q_{V,argl;in;zi,mi} \quad (11.69)$$

waarin:

$q_{V,argl;in;zi,mi}$	is de toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spui ventilatie in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h ;
$q_{V,argl;out;zi,mi}$	is de afvoer luchtvolumestroom ten gevolge van de vereiste spui ventilatie in rekenzone zi in maand mi , in m^3/h ;
$\tau_{argl,mi}$	is de correctiefactor voor spuitijd, bepaald volgens 11.2.3.2;
$q_{ve;spec;spui;zi,mi}$	is de specifieke spui ventilatiecapaciteit, gewogen naar de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties in de beschouwde rekenzone, in rekenzone zi in maand mi , bepaald volgens 11.2.3.2, in $dm^3/(s \times m^2)$;
$A_{g,zi}$	is de gebruiksoppervlakte van rekenzone zi .

OPMERKING 1 Een spui voorziening is verplicht voor gebouwen met een woonfunctie (nieuwbouw en bestaande bouw), gebouwen met een bijeenkomstfunctie voor kinderopvang (nieuwbouw en bestaande bouw) en gebouwen met een onderwijsfunctie voor basisonderwijs (nieuwbouw) op basis van art. 3.41 (nieuwbouw) resp. art 3.46 (bestaande bouw) van het Bouwbesluit 2012.

OPMERKING 2 Verondersteld is dat het drukverschil 1 Pa bedraagt bij deze luchtvolumestroom. Uitgangspunt volgens NEN 1087 is: ΔT : 5 K, windsnelheid 2 m/s. Voorgaande veronderstelling houdt in dat het uitgangspunt gekozen is dat er spuien via één gevel/dak plaatsvindt.

11.2.3.2 Specifieke spui ventilatiecapaciteit

De specifieke spui ventilatiecapaciteit, $q_{ve;spec;spui}$, bij warmte- en koudebehoefte volgt uit tabel 11.10.

Tabel 11.10 — Specifieke spui ventilatiecapaciteit

Categorie	Specifieke spui ventilatiecapaciteit, $q_{ve;spec;spui}$ $dm^3/s \times m^2$
Woonfunctie	4,2
Bijeenkomstfunctie voor kinderopvang	4,8
Alle andere gebruiksfuncties	0

OPMERKING 1 Voor een onderwijsfunctie voor basisonderwijs (nieuwbouw) wordt een eis gesteld aan de spui capaciteit. Er wordt in de berekening van de energieprestatie geen onderscheid gemaakt in deze subgebruiksfunctie. Om deze reden is de specifieke spui ventilatiecapaciteit voor de onderwijsfunctie op 0 $dm^3/s \times m^2$ gesteld.

Voor de categorie woningbouw wordt voor de koudebehoefte $\tau_{arglC,mi}$ bepaald uit tabel 11.7, voor de warmtebehoefte geldt $\tau_{arglH,mi} = 0,01$.

Voor de categorie utiliteit geldt:

$$\tau_{arglH,mi} = \tau_{arglC,mi} = 0,01$$

OPMERKING 2 De $\tau_{arglH,mi}$ is gebaseerd op de aanname dat er gemiddeld 15 min per dag wordt gespuid.

11.2.3.3 Luchtvolumestroom zomernachtventilatie

11.2.3.3.1 Algemeen

De luchtvolumestroom als gevolg van zomernachtventilatie wordt uitsluitend in de berekening van de koudebehoefte meegenomen. Voor de berekening van de warmtebehoefte geldt:

$$q_{V,argll;in;zi,mi} = q_{V,argll;out;zi,mi} = 0$$

De luchtvolumestroom voor zomernachtventilatie moet in rekening worden gebracht indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De voorzieningen voor zomernachtventilatie die bereikbaar zijn volgens NEN 5087, zijn in geopende stand inbraakwerend volgens NEN 5096.
- Het gebruik van de voorzieningen voor zomernachtventilatie leidt niet tot een toename van insecten en ongedierte in het gebouw:
 - voor woonfuncties is in uitwendige scheidingsconstructies met een hellingshoek > 45° een gaas of perforatie met een maaswijdte van maximaal 3 mm vereist, of sleufvormige openingen van maximaal 10 × 3 mm;
 - voor andere gebruiksfuncties is in uitwendige scheidingsconstructies met een hellingshoek > 45° een gaas of perforatie van maximaal 10 mm vereist.
- De voorzieningen zijn regenwerend volgens NEN 2778.
- De voorzieningen zijn bedienbaar op maximaal 1,8 m boven het vloeroppervlak.

De randvoorwaarde aan de inbraakwerendheid betekent dat als de openingen 'bereikbaar' zijn, er sprake moet zijn van een rooster of van lamellen waarmee in geopende stand aan de eis kan worden voldaan. Dergelijke roosters zijn als standaardproduct verkrijgbaar.

OPMERKING 1 De bepaling van zomernachtventilatie in deze paragraaf betreft uitsluitend het aanvullende aandeel via specifieke bouwkundige voorzieningen, zoals ventilatieluiken. Extra benutting van de beschikbare mechanische ventilatiecapaciteit om de koelbehoefte te reduceren, is opgenomen in 11.2.2.3.

De randvoorwaarden voor insectenwerendheid zijn voor een woonfunctie strenger, omdat er sprake kan zijn van slaapvertrekken. Daarbij wordt in platte (en licht hellende) daken een naar buiten gerichte luchtstroom verondersteld door thermiek, zodat daar een insectenwering niet strikt noodzakelijk is. Bij insectenwering wordt uitgegaan van vaste of beweegbare horren of gaasconstructies die aard- en nagelvast aan de opening zijn verbonden.

OPMERKING 2 Voor andere gebruiksfuncties met slaapfuncties (bijvoorbeeld logiesgebouwen) wordt geadviseerd eenzelfde maaswijdte aan te houden. De maat is ontleend aan veelvoorkomende producten op de markt, die in maaswijdte variëren tussen ca. 1,5 mm en 2,8 mm. Voor andere gebruiksfuncties is de maat afgeleid uit de eis voor de wering van ongedierte (ratten en muizen) uit Bouwbesluit 2012.

De randvoorwaarde aan de regenwerendheid komt overeen met de eis uit Bouwbesluit 2012 voor bijvoorbeeld een buitenberging of trappenhuis. Dat betekent dat er enige doorslag van regenwater mogelijk is, maar er geen plassen mogen ontstaan. Voor dakopeningen voor zomernachtventilatie betekent dit over het algemeen dat deze uitgerust moeten zijn met een regensensor en automatische bediening.

Er is sprake van dwarsventilatie indien voorzieningen voor zomernachtventilatie:

- in twee of meer gevels zijn opgenomen waarvan de oriëntatie van ten minste twee gevels minimaal 90° verschilt ten opzichte van elkaar;
- in een gevel en het dak is opgenomen waarbij het dak een maximale hoek van 60° heeft.

In overige gevallen is er sprake van enkelzijdige ventilatie.

In geval van enkelzijdige ventilatie moeten $q_{V,argII,in;zi,mi}$ en $q_{V,argII,out;zi,mi}$ volgens 11.2.3.3.2 worden bepaald. In geval van dwarsventilatie moeten $q_{V,argII,in;zi,mi}$ en $q_{V,argII,out;zi,mi}$ volgens 11.2.3.3.3 worden bepaald.

De vrije hoogte voor spui ventilatie wordt gegeven door:

$$h_{w,st} = \max_{i=1 \text{ tot } N_w} \left(h_{w,path,i} + \frac{h_{w,fa,i}}{2} \right) - \min_{i=1 \text{ tot } N_w} \left(h_{w,path,i} - \frac{h_{w,fa,i}}{2} \right) \quad (11.70)$$

waarin:

$h_{w,st}$	is de vrije hoogte voor spui ventilatie, in m;
$h_{w,path,i}$	is de hoogte tot het midden van raamopening i gemeten ten opzichte van het laagste punt van het maaiveld, in m;
$h_{w,fa,i}$	is de hoogte van de nettodoorlaat van raamopening i , in m;
N_w	is de getalswaarde van het aantal raamopeningen dat aan de voorwaarden voldoet om zomernachtventilatie in rekening te moeten brengen.

De oppervlakte van de nettodoorlaat van raam k wordt gegeven door:

$$A_{w,k} = R_{w,arg,k} \cdot A_{w,max,k} \quad (11.71)$$

De totale oppervlakte van de doorlaten wordt gegeven door:

$$A_{w,tot} = \sum_{k=1}^{N_w} A_{w,k} \quad (11.72)$$

waarin:

$A_{w,k}$	is de effectieve oppervlakte van raam k , in m ² , bepaald volgens NEN 1087;
$R_{w,arg,k}$	is de verhouding tussen de oppervlakte van de nettodoorlaat en de effectieve oppervlakte van raam k . $R_{w,arg,k}$ is gelijk aan $J(\Psi)$ van NEN 1087:2001, 5.4;
$A_{w,max,k}$	is de oppervlakte van de nettodoorlaat van raam k , in m ² ;
$A_{w,tot}$	is de totale oppervlakte van de doorlaten, in m ² ;
N_w	is de getalswaarde van het aantal raamopeningen dat aan de voorwaarden voldoet om zomernachtventilatie in rekening te moeten brengen.

Bij de bepaling van de nettodoorlaat moet rekening gehouden worden met de werkelijk aanwezige doorlaat inclusief de belemmering door lamellen, perforaties of gaas.

Indien geen specificaties aanwezig zijn van de lamellen, perforaties of gaas, moet voor de bepaling van $A_{w;max,k}$ de oppervlakte van de nettodoorlaat van de opening, bepaald volgens NEN 1087, vermenigvuldigd worden met een factor 0,5.

OPMERKING 1 De factor 0,5 is een weerstandsfactor die is ontleend aan standaard op de markt verkrijgbare lamelroosters en horrengaas, die een doorlaat hebben tussen 30 % en 40 % en een K-factor van 40 Pa bij 1 Pa.

OPMERKING 2 De $R_{w;arg,k}$ kan worden berekend met de volgende formule: $R_{w;arg,k} = (1,46 \times \Psi) / (\Psi + 41,0)$, met een maximum van $R_{w;arg,k}$ van 1, waarbij Ψ de maximale openingshoek van de spuicomponent is, in °.

De correctiefactor voor de bediening van de voorzieningen voor de zomernachtventilatie, f_{argII} , maakt onderscheid in de volgende drie situaties:

- 1) De voorzieningen voor de zomernachtventilatie worden handmatig bediend: $f_{argII} = 0,5$;
- 2) De voorzieningen voor de zomernachtventilatie worden automatisch (mechanisch) bediend: $f_{argII} = 0,9$;
- 3) De voorzieningen voor de zomernachtventilatie worden automatisch (mechanisch) bediend, met temperatuurmeting: $f_{argII} = 1,0$.

11.2.3.3.2 Enkelzijdige ventilatie

De ingaande lucht volumestroom als gevolg van zomernachtventilatie wordt per luchtstroomzone als volgt bepaald:

$$q_{V,argII,in} = 3600 \times \frac{\rho_{a;ref}}{\rho_{a;e,argII}} \cdot \frac{A_{w,tot}}{2} \cdot \max \left(C_{wnd} \cdot u_{10;site,mi}^2 ; C_{st} \cdot h_{w,st} \cdot \text{abs}(T_{z,mi} - T_{e,argII,mi}) \right)^{0,5} \cdot (\tau_{argII,mi} \cdot f_{argII}) \quad (11.73)$$

De uitgaande lucht volumestroom als gevolg van zomernachtventilatie is per luchtstroomzone als volgt bepaald:

$$q_{V,argII,out} = -3600 \times \frac{\rho_{a;ref}}{\rho_{a;z}} \cdot \frac{A_{w,tot}}{2} \cdot \max \left(C_{wnd} \cdot u_{10;site,mi}^2 ; C_{st} \cdot h_{w,st} \cdot \text{abs}(T_{z,mi} - T_{e,argII,mi}) \right)^{0,5} \cdot (\tau_{argII,mi} \cdot f_{argII}) \quad (11.74)$$

waarin:

$q_{V,argII,in}$	is de ingaande lucht volumestroom in de rekenzone als gevolg van zomernachtventilatie, in m ³ /h;
$q_{V,argII,out}$	is de uitgaande lucht volumestroom als gevolg van zomernachtventilatie, in m ³ /h;
$\rho_{a;ref}$	is de dichtheid van lucht bij 293 K, 1,205 kg/m ³ ;
$\rho_{a;e,argII}$	is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij $T_{e,argII,mi}$, in kg/m ³ ;
$\rho_{a;z}$	is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij $T_{int;set,stc}$, in kg/m ³ ;

$T_{\text{int;set};C;\text{stc}}$	is het gebruikelijke ('thermisch comfortniveau') setpoint voor de temperatuur bij koeling in de rekenzone z_i , in K: $T_{\text{int;set};C;\text{stc}} = \vartheta_{\text{int;set};C;\text{stc}} + 273$, $\vartheta_{\text{int;set};C;\text{stc}}$ is voor een situatie met koudebehoefte $\vartheta_{\text{int;set};C;\text{stc};z_i;mi}$ bepaald volgens 7.9.4.1;
$T_{\text{int;set};H;\text{stc}}$	is het gebruikelijke ('thermisch comfortniveau') setpoint voor de temperatuur bij verwarming in de rekenzone z_i , in K: $T_{\text{int;set};H;\text{stc}} = \vartheta_{\text{int;set};H;\text{stc}} + 273$, $\vartheta_{\text{int;set};H;\text{stc}}$ is bepaald volgens 7.9.4.1;
$A_{w;\text{tot}}$	is de totale oppervlakte van de doorlaten, in m ² ;
C_{wnd}	is een factor voor het in rekening brengen van de windsnelheid in de beluchttingsberekeningen, 0,001;
$u_{10;\text{site};mi}$	is de windsnelheid ter plaatse op een hoogte van 10 m in maand mi , in m/s;
C_{st}	is een factor voor het in rekening brengen van spuiventilatie in beluchttingsberekeningen, 0,003 5, in (m ² /s ²)/(m×K);
$h_{w;\text{st}}$	is de vrije hoogte voor spuiventilatie, in m;
$T_{z;mi}$	is de temperatuur bij koeling in de rekenzone voor ventilatie in maand mi , in K, $T_z = T_{\text{int;set};C;\text{stc}}$;
$T_{e;\text{argII};mi}$	is de maandgemiddelde buitentemperatuur zomernachtventilatie in maand mi , in K: $T_{e;\text{argII};mi} = \vartheta_{e;\text{argII};mi} + 273$, $\vartheta_{e;\text{argII};mi}$ is bepaald volgens tabel 17.1;
$\tau_{\text{argII};mi}$	is de tijdsfractie voor zomernachtventilatie volgens tabel 11.7;
f_{argII}	is de correctiefactor voor de bediening van de voorzieningen voor de zomernachtventilatie volgens 11.2.3.3.1.

11.2.3.3.3 Dwarsventilatie

De ingaande lucht volumestroom als gevolg van zomernachtventilatie is per luchtstroomzone als volgt bepaald:

$$q_{V;\text{argII};\text{in}} = 3600 \times \frac{\rho_{a;\text{ref}}}{\rho_{a;e;\text{argII}}} \cdot \max \left(\begin{array}{l} C_{D;w} \cdot A_{w;\text{cros}} \cdot \min(u_{10;\text{site}}; u_{10;\text{site};\text{max}}) \cdot (\Delta C_p)^{0,5} \\ ; \frac{A_{w;\text{tot}}}{2} \cdot (C_{\text{st}} \cdot h_{w;\text{st}} \cdot \text{abs}(T_{z;mi} - T_{e;\text{argII};mi}))^{0,5} \end{array} \right) \cdot (\tau_{\text{argII};mi} \cdot f_{\text{argII}}) \quad (11.75)$$

De uitgaande lucht volumestroom als gevolg van zomernachtventilatie is per luchtstroomzone als volgt bepaald:

$$q_{V;\text{argII};\text{out}} = -3600 \times \frac{\rho_{a;\text{ref}}}{\rho_{a;z}} \cdot \max \left(\begin{array}{l} C_{D;w} \cdot A_{w;\text{cros}} \cdot \min(u_{10;\text{site}}; u_{10;\text{site};\text{max}}) \cdot (\Delta C_p)^{0,5} \\ ; \frac{A_{w;\text{tot}}}{2} \cdot (C_{\text{st}} \cdot h_{w;\text{st}} \cdot \text{abs}(T_{z;mi} - T_{e;mi}))^{0,5} \end{array} \right) \cdot (\tau_{\text{argII};mi} \cdot f_{\text{argII}}) \quad (11.76)$$

waarin:

$q_{V,argII,in}$	is de ingaande lucht volumestroom in de rekenzone als gevolg van zomernachtventilatie, in m ³ /h;
$q_{V,argII,out}$	is de uitgaande lucht volumestroom als gevolg van zomernachtventilatie, in m ³ /h;
$\rho_{a,ref}$	is de dichtheid van lucht bij 293 K: 1,205 kg/m ³ ;
$\rho_{a,e,argII}$	is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij $T_{e,argII,mi}$ in kg/m ³ ;
$\rho_{a,z}$	is de dichtheid van lucht bepaald volgens formule (11.4), bij $T_{int;set;stc}$ in kg/m ³ ; $T_{int;set;stc}$ is het gebruikelijke ('thermisch comfortniveau') setpoint voor de temperatuur bij koeling in de rekenzone z , in K: $T_{int;set;stc} = \vartheta_{int;set;C;stc} + 273$, $\vartheta_{int;set;C;stc}$ is voor een situatie met koudebehoefte $\vartheta_{int;set;C;stc;z,mi}$ bepaald volgens 7.9.4.1;
$C_{D,w}$	is de afvoerfactor voor doorlaten, 0,67;
$A_{w,cros}$	is de equivalente oppervlakte van de doorlaten voor dwarsventilatie, in m ² ;
$u_{10,site,mi}$	is de windsnelheid ter plaatse op een hoogte van 10 m in maand mi , in m/s;
$u_{10,site,max}$	is de maximale windsnelheid ter plaatse op een hoogte van 10 m; voor dwarsventilatie, 3 m/s;
ΔC_p	is het verschil in winddrukcoëfficiënt tussen de loefzijde en lijzijde uit tabel 11.3;
$A_{w,tot}$	is de totale oppervlakte van de doorlaten, in m ² ;
C_{st}	is een factor voor het in rekening brengen van spuiventilatie in beluchttingsberekeningen, 0,003 5, in (m ² /s ²)/(m×K);
$h_{w,st}$	is de vrije hoogte voor spuiventilatie, in m;
$T_{z,mi}$	is de temperatuur bij koeling in de rekenzone voor ventilatie in maand mi , in K; $T_z = T_{int;set;C;stc}$;
$T_{e,mi}$	is de buitentemperatuur, in K: $T_{e,mi} = \vartheta_{e,avg;mi} + 273$, $\vartheta_{e,avg;mi}$ is bepaald volgens tabel 17.1;
$T_{e,argII,mi}$	is de maandgemiddelde buitentemperatuur zomernachtventilatie in maand mi , in K: $T_{e,argII,mi} = \vartheta_{e,argII,mi} + 273$; $\vartheta_{e,argII,mi}$ is bepaald volgens tabel 17.1;
$\tau_{argII,mi}$	is de tijdsfractie voor zomernachtventilatie volgens tabel 11.7;
f_{argII}	is de correctiefactor voor de bediening van de voorzieningen voor de zomernachtventilatie volgens 11.2.3.3.1.

$A_{w;cros}$ wordt bepaald met de volgende procedure:

Voor $i = 1$ tot 2

Voor $j = 1$ tot 4

$$A_{w;or,j} = 0$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ref} &= (i-1) \times 45^\circ + (j-1) \times 90^\circ \\ \alpha_{max} &= \alpha_{ref} + 45^\circ \\ \alpha_{min} &= \alpha_{ref} - 45^\circ\end{aligned}$$

Voor $k = 1$ tot N_w , als $\alpha_{min} \leq \alpha_{w,k} < \alpha_{max}$:

$$A_{w;or,j} = A_{w;or,j} + A_{w;k} \quad (11.77)$$

Einde voor k

Einde voor j

$$A_{w;cros,i} = \frac{1}{4} \times \sum_{\substack{j=1 \text{ tot } 4 \\ A_{w;or,j} > 0}} \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{A_{w;or,j}^2} + \frac{1}{(A_{w;tot} - A_{w;or,j})^2}}} \right) \quad (11.78)$$

Einde voor i

$$A_{w;cros} = \min(A_{w;cros;1}; A_{w;cros;2}) \quad (11.79)$$

waarin:

$\alpha_{w;k}$	is de oriëntatie (0° = zuid, 90° = west, 270° = oost, 180° = noord) van doorlaat k ;
$\beta_{w;k}$	is de hellingshoek (0° = horizontaal, 90° = verticaal) van doorlaat k ;
$A_{w;or,j}$	is de equivalente oppervlakte van de doorlaten in verhouding tot de betreffende oriëntatie;
$A_{w;k}$	is de oppervlakte van de nettdoorlaat van raam k , in m^2 , bepaald volgens formule (11.717).

11.2.4 Aandeel van de verbrandingslucht voor open verbrandingstoestellen

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor open verbrandingstoestellen wordt als volgt bepaald:

$$C_{\text{comb;in;req}} = \frac{q_{V;\text{comb;in};zi,mi}}{(\Delta p)^{n_{\text{comb}}}} \quad (11.80)$$

waarin:

$C_{\text{comb;in;req}}$ is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor open verbrandingstoestellen, in $\text{m}^3/\text{h} \times \text{Pa}^n$;

$q_{V;\text{comb;in};zi,mi}$ is de verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone zi , in maand mi , in m^3/h ;

Δp is een drukverschil van 1 Pa;

n_{comb} is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

De totale ingaande en uitgaande luchtvolumestroom als gevolg van open verbrandingstoestellen in rekenzone zi , in maand mi , wordt bepaald door de som van de aanwezige luchtvolumestromen als gevolg van open verbrandingstoestellen in rekenzone zi :

$$q_{V;\text{comb;in};zi,mi} = \sum_i q_{V;\text{comb;in};i} \quad (11.81)$$

$$q_{V;\text{comb;out};zi,mi} = - \sum_i q_{V;\text{comb;out};i} \quad (11.82)$$

Als 'verbrandingstoestel' = 'Afvoerloze open toestellen', dan geldt:

$$— q_{V;\text{comb;in};i} = q_{V;\text{comb};i};$$

$$— q_{V;\text{comb;out};i} = 0.$$

Als 'verbrandingstoestel' = 'open toestellen met rookgasafvoerkanaal', dan geldt:

$$— q_{V;\text{comb;in};i} = 0;$$

$$— q_{V;\text{comb;out};i} = q_{V;\text{comb};i}.$$

OPMERKING 1 Bij afvoerloze open verbrandingstoestellen is verondersteld dat er sprake is van een toevoervoorziening voor de verbrandingslucht in de gevel. Er is daarbij verondersteld dat er geen aparte afvoervoorziening aanwezig is.

OPMERKING 2 Bij een open toestel met rookgasafvoer is verondersteld dat de afvoervoorziening de vereiste rookgasafvoer realiseert. Er is geen rekening gehouden met een aparte toevoervoorziening voor de verbrandingslucht; verondersteld is dat die op een andere manier tot stand komt zoals via infiltratie of ventilatioosters.

Voor open verbrandingstoestellen wordt de tijdgemiddelde verbrandingsluchttoevoercapaciteit bij 1 Pa drukverschil berekend met:

$$Q_{V;comb,i} = f_{r,verbr} \times f_{as} \times f_{ff} \times P_{h,fi} \times 3,6$$

(11.83)

waarin:

- $Q_{V;comb,in;zi,mi}$

is de verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone z_i , in maand mi , in m³/h;
- $Q_{V;comb,out;zi,mi}$

is de verbrandingsluchtafvoercapaciteit voor de open verbrandingstoestellen in rekenzone z_i , in maand mi , in m³/h;
- $Q_{V;comb,i}$

is de verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor het open verbrandingstoestel i , in m³/h;
- $f_{r,verbr}$

is de tijdcorrectiefactor voor de bedrijfstijd van open verbrandingstoestellen, volgens tabel 11.12;
- f_{as}

is de toesteltypefactor, volgens tabel 11.11;
- f_{ff}

is de brandstofstroomfactor – de specifieke lucht volumestroom nodig voor open verbrandingstoestel i , in dm³/s×kW, volgens tabel 11.12;
- $P_{h,fi}$

is de nominale belasting ('heating fuel input power') van open verbrandingstoestel i , als opgegeven door de fabrikant, in kW, met als minimum de in tabel 11.12 voor het desbetreffende toesteltype gegeven minimale belasting $P_{h,fi,min}$.

Tabel 11.11 — Toesteltypefactor



Aanvoer verbrandingslucht	Rookgasafvoer	Verbrandingstoesteltype	Toestel-typefactor f_{as}
Verbrandingslucht komt uit de binnenlucht	Rookgas wordt naar de ruimte afgevoerd	— Keukenfornuis	0
		— Gastoestel volgens CEN/TR 1749 Type A	1
Verbrandingslucht komt uit de binnenlucht	Rookgas wordt afgevoerd via een apart luchtkanaal	— Open haard	0
		— Gastoestel volgens CEN/TR 1749 Type B	1
Verbrandingslucht komt uit de binnenlucht	Rookgas wordt afgevoerd via een apart luchtkanaal, gelijktijdig met de mechanische afvoer van ventilatielucht	— Specifiek gastoestel	^a



Aanvoer verbrandingslucht	Rookgasafvoer	Verbrandingstoesteltype	Toestel-typefactor f_{as}
Verbrandingslucht wordt rechtstreeks van buiten aangevoerd via een apart luchtkanaal, dat van de binnenlucht is afgescheiden	Rookgas wordt afgevoerd via een apart luchtkanaal	<ul style="list-style-type: none"> — Gastoestel volgens CEN/TR 1749 Type C ('room air sealed systems') — Gesloten haard (hout-, kolen- of gashaard met hout/kolen-effect) 	0

^a Beschouwd als een mechanisch afvoersysteem, maar met variabele luchtstroom, zowel afhankelijk van de afvoer als van het verbrandingstoestel.

OPMERKING Een f_{as} van '0' leidt ertoe dat geen lucht volumestroom voor het open verbrandingstoestel wordt meegenomen. De noodzaak om die toestellen mee te nemen in de energieprestatieberekening is er dus niet.

Tabel 11.12 — Rekenwaarde specifieke verbrandingsluchttoevoercapaciteit voor verbrandingstoestellen

Verbrandingstoestel	Brandstof	$P_{h,fi,min}$ ^a kW	$f_{\tau,verbr}$		f_{ff} dm ³ / (s×kW)
					
Afvoerloze open toestellen (A11 ^b)					
Geisers	Aardgas	13	0,05		1,62
Open sfeertoestellen	Aardgas	10	0,20	0,05	1,62
Open toestellen met rookgasafvoerkanaal ^a (B11 ^c)					
Badgeisers	Aardgas	35	0,05		0,78
Gasboilers	Aardgas	15	0,05		0,78
Cv-ketels	Aardgas	30	0,20	0,00	0,78
Sfeerhaard, natuurlijke afvoer blokkenvuur, type I ^b	Aardgas	10	0,20	0,05	0,78
Sfeerhaard, mechanische afvoer blokkenvuur, type II ^b	Aardgas	10	0,20	0,05	1,34
Sfeerhaard, blokkenvuur, type II ^b	Aardgas	15	0,20	0,05	3,35
Open haard	Vaste brandstof	25	0,20	0,05	2,80
Kachel	Aardgas	10	0,20	0,00	0,78

Verbrandingstoestel	Brandstof	$P_{h,fi,min}$ ^a kW	$f_{\tau,verbr}$		f_{ff} dm ³ / (s×kW)
					
Kachel	Olie	10	0,20	0,00	0,32
Kachel	Kolen	15	0,20	0,00	0,52
Kachel	Vaste brandstof anders dan kolen	25	0,20	0,00	2,80
^a Met trekonderbreker en valwindafleider. ^b Blokkenvuur als bedoeld in NPR 3378-20:1991. ^c Typeomschrijving als bedoeld in NPR 1749:2009.					

Open verbrandingstoestellen, waaronder sfeerhaarden, die niet worden gebruikt voor de warmteopwekking voor ruimteverwarming volgens hoofdstuk 9 en/of voor de warmteopwekking voor warm tapwater volgens hoofdstuk 13 worden als inrichting beschouwd. Om die reden worden ze in de berekening van de energieprestatie niet meegewogen.

Indien niet kan worden vastgesteld welk type verbrandingstoestel is toegepast, dan moet de volgende richtlijn worden gevolgd:

- Een VR- of HR-ketel wordt gerekend als een gesloten toestel.
- Een conventionele ketel wordt gerekend als een open toestel.
- Grote installaties worden niet als een open toestel aangemerkt.

Daarbij gelden de volgende waarden:

- Individuele conventionele ketel: rekenwaarde overeenkomstig 'Cv-ketels', 'Aardgas'.
- Lokale gasverwarming voor ruimteverwarming: rekenwaarde overeenkomstig 'Kachel', 'Aardgas'.
- Geiser en badgeiser: rekenwaarde overeenkomstig 'Badgeisers', 'Aardgas'.

Indien het vermogen van het verbrandingstoestel niet kan worden vastgesteld, dan geldt $P_{h,fi} = P_{h,fi,min}$.

11.2.5 Aandeel van de infiltratie

Voor gerealiseerde gebouwen kan de feitelijke luchtdoorlatendheid (de luchtgeleiding of reciproque luchtweerstand van de luchtlekken, uitgedrukt in de doorgelaten luchtvolumestroom bij een uniform drukverschil van 10 Pa) door meting op basis van NEN 2686 worden bepaald. Ingeval de specifieke luchtvolumestroom die wordt doorgelaten bij 10 Pa, $q_{v10,lea,ref}$, op basis van meting is vastgesteld, wordt deze waarde voor de berekening van de luchtstroom door infiltratie gebruikt.

Wanneer gebouwen onder een kwaliteitsborgingsprocedure worden gebouwd en binnen die procedure de specifieke luchtdoorlatendheid, $q_{v10,lea,ref}$, van het gebouw is vastgelegd/wordt gecontroleerd, moet die waarde worden gebruikt.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen wordt als volgt bepaald:

$$C_{\text{lea}} = \frac{q_{v1;\text{lea};\text{ref}}}{(\Delta p)^n} \quad (11.84)$$

waarin:

- C_{lea} is de luchtdoorlatendheidscoëfficiënt voor lekverliezen, in $\text{m}^3/\text{h} \times \text{Pa}^n$;
- $q_{v1;\text{lea};\text{ref}}$ is de luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in m^3/h , bepaald volgens 11.2.5;
- Δp is een drukverschil van 1 Pa;
- n is de stromingsexponent, bepaald in 11.2.1.3.

$$q_{v1;\text{lea};\text{ref}} = q_{v10;\text{lea};\text{ref}} \times \frac{1}{10^{n_{\text{lea}}}} \times A_g \times 3,6 \quad (11.85)$$

waarin:

- $q_{v1;\text{lea};\text{ref}}$ is de luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 1 Pa, in m^3/h ;
- $q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$ is de specifieke luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 10 Pa, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$;
- n_{lea} is de stromingsexponent, bepaald volgens 11.2.1.3;
- A_g is de gebruiksoppervlakte van de rekenzone, in m^2 .

$q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$ kan met een meting, op basis van NEN 2686, worden vastgesteld of, indien er geen meetwaarde beschikbaar is, met onderstaande formule als volgt worden bepaald:

$$q_{v10;\text{lea};\text{ref}} = f_{\text{type}} \times f_y \times q_{v10;\text{spec};\text{reken}} \quad (11.86)$$

waarin:

- $q_{v10;\text{lea};\text{ref}}$ is de specifieke luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 10 Pa, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$;
- f_{type} is de van het gebouwtype afhankelijke correctiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid, bepaald volgens 11.2.5.2;
- f_y is de bouwjaarcorrectiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid, bepaald volgens tabel 11.13 van 11.2.5.1;
- $q_{v10;\text{spec};\text{reken}}$ is de rekenwaarde voor de specifieke luchtdoorlatendheid bij een uniform drukverschil van 10 Pa, bepaald volgens 11.2.5.2, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$.

OPMERKING 1 De index '10' geeft aan dat de specifieke luchtdoorlatendheid is afgeleid uit de door luchtdoorlatendheidsmetingen bepaalde volumestroom/drukkarakteristiek als de volumestroom die het snijpunt vormt bij een uniform drukverschil over alle lekken van 10 Pa. Dit ter onderscheiding van de analoge luchtdoorlatendheidscoëfficiënt (C -waarde) die bij 1 Pa geldt.

OPMERKING 2 De $q_{v10,lea,ref}$ wordt bepaald door de $q_{v10,gemeten,j}$ volgens NEN 2686 te delen door de gebruiksoppervlakte van deel j van het gebouw.

11.2.5.1 Bouwjaarcorrectiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid

De luchtdoorlatendheid is door verbetering van de bouwkwaliteit over de jaren verminderd. Daarom moet de rekenwaarde van de specifieke luchtdoorlatendheid, $q_{v10,spec;reken}$, worden gecorrigeerd met de in tabel 11.13 gegeven bouwjaarcorrectiefactor, f_j .

Tabel 11.13 — Bouwjaarcorrectiefactor voor de rekenwaarde van de luchtdoorlatendheid

Bouwjaar/renovatiejaar j	F_j
$j < 1970$	3,0
$1970 \leq j < 1980$	2,5
$1980 \leq j < 1990$	2,0
$1990 \leq j < 2000$	1,5
$2000 \leq j < 2010$	1,0
$j \geq 2010$	0,7

OPMERKING 1 De waarden van f_j in tabel 11.13 zijn ontleend aan zowel praktijkmetingen als modelonderzoek.

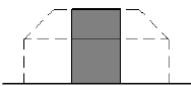
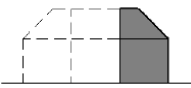



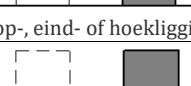

OPMERKING 2 In bovenstaande tabel is aangenomen dat bij renovatie voldoende aandacht is besteed aan infiltratie. De infiltratie wordt bepaald door het totaal van de bouwkundige aansluitingen; daarbij spelen aansluitingen in een kap, in de aansluiting dak/gevel, rondom kozijnaansluitingen en in de beganegrondvloer een rol.

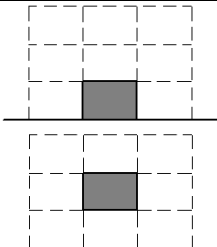
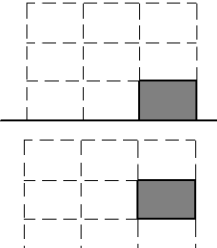
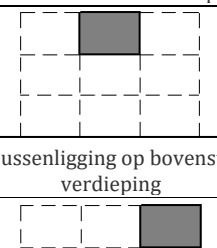
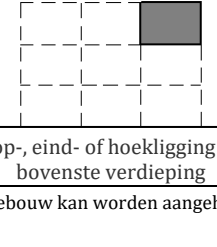
Het renovatiejaar mag worden aangehouden als er sprake is van (nagenoeg) volledige renovatie. Hierbij mag het incidenteel handhaven of hergebruik van bestaande delen (zoals een voordeur) in dit verband beschouwd worden als volledige renovatie. Het uitsluitend verbeteren van een enkel aspect (zoals de kierdichting van kozijnen) is onvoldoende om te mogen rekenen met het renovatiejaar.

11.2.5.2 Rekenwaarde voor specifieke luchtdoorlatendheid en correctie voor het gebouwtype

Tabel 11.14 geeft de rekenwaarde voor de specifieke luchtdoorlatendheid per gebouwtype, $q_{v10;spec;calc}$, en de van de gebouwwitvoering afhankelijke correctiefactor op deze rekenwaarde, f_{type} .

Tabel 11.14 — Rekenwaarde voor de specifieke luchtdoorlatendheid per gebouwtype en de bijbehorende correctiefactor voor de uitvoeringsvariant

Gebouwtype	$q_{v10;spec;calc}$ dm ³ /(s×m ²) (bij een uniform drukverschil van 10 Pa)	Uitvoeringsvariant	f_{type}
Grondgebonden gebouwen			
Eengezinswoningen met kap en enkellaagse utiliteitsbouw met kap	1,0	 Tussenligging	1,0
		 Kop-, eind- of hoekligging	1,2
		 Vrijstaand gebouw, puntdak	1,4
		 Vrijstaand gebouw, half-deels plat dak	1,2
Eengezinswoningen met plat dak en overige enkellaagse utiliteitsbouw	0,7	 Tussenligging	1,0
		 Kop-, eind- of hoekligging	1,2
		 Vrijstaand gebouw, plat dak	1,4

Gebouwtype	$q_{v10;spec;calc}$ dm ³ /(s×m ²) (bij een uniform drukverschil van 10 Pa)	Uitvoeringsvariant	f_{type}
Meerlaagse gebouwen ^a			
Etages van meerlaagse categorie utiliteitsbouw, flat- en portiekwoningen	0,5	 Tussenligging op onderste of tussenverdieping	1,0
		 Kop-, eind-, of hoekligging op onderste of tussenverdieping	1,3
		 Tussenligging op bovenste verdieping	1,2
		 Kop-, eind- of hoekligging op bovenste verdieping	1,4
^a Voor combinaties van eenheden in een meerlaags gebouw kan worden aangehouden: — voor het gebouw als geheel: $f_{type} = 1,2$; — voor de gehele bovenste gebouwl laag: $f_{type} = 1,3$; — voor een volledige tussengelegen gebouwl laag: $f_{type} = 1,2$;			

Gebouwtype	$q_{v10;spec;calc}$ dm ³ /(s×m ²) (bij een uniform drukverschil van 10 Pa)	Uitvoeringsvariant	f_{type}
— voor de hele onderste gebouwl laag: $f_{type} = 1,1$. Deze waarden zijn afgeleid van de hierboven vermelde waarden voor f_{type} .			

11.3 Distributie

In deze paragraaf worden de mechanische lucht volumestromen van de toe- en afvoer van de ventilatielucht in de rekenzone zi in maand mi berekend ($q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$ en $q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$). Van deze lucht volumestromen, en van de natuurlijke toe- en afvoer van de ventilatielucht, wordt vervolgens in 11.3.2 (toevoer) en 11.3.3 (afvoer) de temperatuur bepaald.

11.3.1 Debiet

11.3.1.1 Mechanische toevoer

De hoeveelheid lucht die in de rekenzone mechanisch wordt toegevoerd, is afhankelijk van het ventilatiesysteem en wordt als volgt bepaald:

Als VENT_SYS_OP = EXTRACT_OP of als VENT_SYS_OP = NATURAL_OP, dan geldt:

$$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} = 0$$

Als VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP, dan geldt voor het gedeelte f_{overig} volgens formule (11.29), voor zover dat kan worden aangemerkt als 'EXTRACT_OP' of 'NATURAL_OP', het volgende:

$$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} = 0$$

Voor de overige gevallen geldt:

$$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi} / (f_{lea;du} \times f_{lea;ahu}) \quad (11.87)$$

OPMERKING Verondersteld wordt dat de mechanische toevoer naar de ruimte gelijk is aan het ontworpen ('required') debiet. $q_{V;ODA;req;zi,mi}$ kan daarom in bovenstaande formule gelijk worden gesteld aan $q_{V;ODA;eff;zi,mi}$ volgens 11.2.1.7.

De hoeveelheid lucht die naar de rekenzone gaat (en de AHU of de ventilatie-unit verlaat), wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} = q_{V;SUP;dis;out;zi,mi} \times f_{lea;du} \quad (11.88)$$

waarin:

$q_{V;SUP;dis;out;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die naar rekenzone zi in maand mi wordt toegevoerd, in m ³ /h;
$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die rekenzone zi in maand mi in gaat, in m ³ /h;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de ontwerpluchtvolumestroom van buitenlucht in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h, bepaald volgens 11.2.2.1;
$f_{lea;du}$	is de dimensieloze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchttoevoerkanalen, bepaald volgens 11.2.2.5.2. Indien er bij VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP sprake is van twee gecombineerde ventilatiesystemen met verschillende waarden voor $f_{lea;du}$, dan moet de hoogste waarde van $f_{lea;du}$ worden aangehouden;
$f_{lea;ahu}$	is de dimensieloze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchtbehandelingskasten, bepaald volgens 11.2.2.5.2. Indien er bij VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP sprake is van twee gecombineerde ventilatiesystemen met verschillende waarden voor $f_{lea;ahu}$, dan moet de hoogste waarde van $f_{lea;ahu}$ worden aangehouden.

11.3.1.2 Mechanische afvoer

11.3.1.2.1 Ventilatie via natuurlijke toevoer – Natuurlijke afvoer of via mechanische toevoer – Natuurlijke afvoer

Als VENT_SYS_OP = NATURAL_OP of VENT_SYS_OP = SUPPLY_OP, dan geldt:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = 0$$

waarin:

$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h.

11.3.1.2.2 Ventilatie via natuurlijke toevoer – Mechanische afvoer

Als VENT_SYS_OP = EXTRACT_OP, dan geldt:

Het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , $q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$, is gelijk aan het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi} \quad (11.89)$$

Het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone zi in maand mi , $q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$, wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} / f_{lea;du} \quad (11.90)$$

waarin:

$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd (vanuit de AHU of de ventilatie-unit) naar rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$f_{lea;du}$	is de dimensieloze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchttoevoerkanalen, bepaald volgens 11.2.2.5.2;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde luchtvolume­stroom van buiten voor rekenzone zi voor maand mi , in m ³ /h, bepaald volgens 11.2.2.1.

11.3.1.2.3 Balansventilatie

Als VENT_SYS_OP = BALANCED_OP, dan geldt:

Het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , $q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$, is gelijk aan het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} \quad (11.91)$$

Het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone zi in maand mi , $q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$, wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} / f_{lea;du} \quad (11.92)$$

waarin:

$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd (vanuit de AHU of de ventilatie-unit) naar rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$f_{lea;du}$	is de dimensieloze correctiefactor voor luchtlekverlies uit luchttoevoerkanalen, bepaald volgens 11.2.2.5.2.

11.3.1.2.4 Gecombineerd ventilatiesysteem

Als VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP, dan geldt:

Er is sprake van een gecombineerd ventilatiesysteem. Voor het gedeelte met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing geldt:

Het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone zi in maand mi , $q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$, bedraagt:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} \times f_{BAL-DEC} \quad (11.93)$$

Het ventilatiedebiet dat de ventilatie-unit in gaat in rekenzone z_i in maand mi , $q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$, wordt als volgt bepaald:

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} / f_{lea;du} \quad (11.94)$$

Bepaal voor het gedeelte f_{overig} het ventilatieprincipe volgens tabel 11.5 met daarbij de volgende mogelijkheden: NATURAL_OP, SUPPLY_OP, EXTRACT_OP of BALANCED_OP. Voor het gedeelte f_{overig} geldt, afhankelijk van het ventilatieprincipe, het volgende:

Als VENT_SYS_OP f_{overig} = NATURAL_OP of VENT_SYS_OP f_{overig} = SUPPLY_OP, dan geldt:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = 0$$

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = 0$$

Als VENT_SYS_OP f_{overig} = EXTRACT_OP, dan geldt:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = q_{V;ODA;req;zi,mi} \times f_{overig} \quad (11.95)$$

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} / f_{lea;du} \quad (11.96)$$

Als VENT_SYS_OP f_{overig} = BALANCED_OP, dan geldt:

$$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} = q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} \times f_{overig} \quad (11.97)$$

$$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} = q_{V;ETA;dis;in;zi,mi} / f_{lea;du} \quad (11.98)$$

waarin:

$q_{V;ETA;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt afgezogen in rekenzone z_i in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone z_i in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat wordt toegevoerd (vanuit de AHU of de ventilatie-unit) naar rekenzone z_i in maand mi , in m ³ /h;
$f_{lea;du}$	is de dimensieloze correctiefactor voor luchttekverlies uit luchttoevoerkanalen, bepaald volgens 11.2.5.2;
$q_{V;ODA;req;zi,mi}$	is de benodigde luchtvolumestroom van buiten voor rekenzone z_i voor maand mi , in m ³ /h, bepaald volgens 11.2.2.1;
f_{overig}	is het deel van de rekenzone met een ventilatiesysteem anders dan decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO ₂ -sturing, bepaald volgens formule (11.29);
$f_{BAL-DEC}$	is het deel van de rekenzone met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO ₂ -sturing, bepaald volgens formule (11.30).

11.3.2 Temperatuur toevoerlucht

De methode voor het bepalen van de temperatuur van de toevoerlucht is afhankelijk van het ventilatieprincipe.

Als VENT_SYS_OP = BALANCED-DEC_OP, dan geldt:

Er is sprake van een gecombineerd ventilatiesysteem. Voor het gedeelte $f_{\text{BAL-DEC}}$, bepaald volgens formule (11.30), geldt: VENT_SYS_OP = BALANCED_OP.

Bepaal voor het gedeelte f_{overig} , bepaald volgens formule (11.29), het ventilatieprincipe volgens tabel 11.5, met daarbij de volgende mogelijkheden: NATURAL_OP, SUPPLY_OP, EXTRACT_OP of BALANCED_OP. Het vastgestelde ventilatieprincipe bepaalt vervolgens op welke van de twee onderstaande manieren de temperatuur van de toevoerlucht moet worden bepaald.

Als VENT_SYS_OP = EXTRACT_OP en als VENT_SYS_OP = NATURAL_OP, dan geldt:

$$\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}} = \vartheta_{\text{ODA}} + \Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}} \quad (11.99)$$

waarin:

- | | |
|---|--|
| $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}}$ | is de temperatuur van de lucht die de rekenzone in komt, in °C; |
| ϑ_{ODA} | is de gemiddelde buitentemperatuur ($\vartheta_{\text{ODA}} = \vartheta_{\text{e;avg;mi}}$), bepaald volgens tabel 17.1, in °C; |
| $\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}}$ | is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de naverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom, bepaald volgens 11.3.2.9, in K. |

Als VENT_SYS_OP = BALANCED_OP en als VENT_SYS_OP = SUPPLY_OP, dan geldt:

Als er sprake is van koeling en naverwarming van de ventilatielucht, dan is de temperatuur van de lucht die de rekenzone in wordt geblazen, $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}}$, gegeven in tabel 11.15.

Als er sprake is van koeling van de ventilatielucht en er is geen sprake van naverwarming van de ventilatielucht, dan geldt:

Als $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;tabel 11.15}} \geq \vartheta_{\text{SUP;dis;out;formule 11.104}}$ waarbij $\Delta \vartheta_{\text{c;zi,mi}} = 0$ in de bepaling van $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;formule 11.104}}$, dan geldt:

Naverwarming is gewenst, maar er is geen naverwarming van de ventilatielucht aanwezig.

$$\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP;dis;out;formule 11.104}} \text{ waarbij } \Delta \vartheta_{\text{c;zi,mi}} = 0 \quad (11.100)$$

$$\Delta \vartheta_{\text{c;zi,mi}} = \Delta T_{\text{c;zi,mi}}$$

Als $\vartheta_{\text{SUP;dis;out;tabel 11.15}} < \vartheta_{\text{SUP;dis;out;formule 11.104}}$, dan geldt:

Koeling is gewenst.

$$\vartheta_{\text{SUP;dis;out;zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP;dis;out;tabel 11.15}} \quad (11.101)$$

Als er sprake is van naverwarming van de ventilatielucht en er is geen sprake van koeling van de ventilatielucht, dan geldt:

Als $\vartheta_{\text{SUP,dis;out;tabel 11.16}} \leq \vartheta_{\text{SUP,dis;out;formule 11.104}}$

waarbij $\Delta T_{\text{rh,zi,mi}} = 0$ in de bepaling van $\vartheta_{\text{SUP,dis;out;formule 11.104}}$, dan geldt:

Koelen is gewenst, maar er is geen sprake van koeling van de ventilatielucht.

$$\vartheta_{\text{SUP,dis;out;zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP,dis;out;formule 11.104}} \text{ waarbij } \Delta T_{\text{rh,zi,mi}} = 0$$

Als $\vartheta_{\text{SUP,dis;out;tabel 11.15}} > \vartheta_{\text{SUP,dis;out;formule 11.104}}$, dan geldt:

Koeling is gewenst.

$$\vartheta_{\text{SUP,dis;out;zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP,dis;out;tabel 11.15}}$$

OPMERKING 1 In de berekening van de koudebehoefte wordt verondersteld dat er geen sprake is van naverwarming van de ventilatielucht ($\vartheta_{\text{rh,zi,mi}} = 0$ °C). In de berekening van de warmtebehoefte wordt verondersteld dat er geen sprake is van koeling van de ventilatielucht ($Q_{\text{C,ahuU;in;air;zi,mi}} = 0$).

De temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast/ventilatie-unit verlaat (de kanalen 'in gaat'), $\vartheta_{\text{SUP,dis;in,zi,mi}}$, wordt als volgt bepaald:

$$\vartheta_{\text{SUP,dis;in,zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP,dis;out,zi,mi}} + \Delta T_{\text{du,zi,mi}} \quad (11.102)$$

In alle andere gevallen wordt de temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast/ventilatie-unit verlaat (de kanalen 'in gaat'), als volgt bepaald:

$$\vartheta_{\text{SUP,dis;in,zi,mi}} = \vartheta_{\text{ODA}} + \Delta T_{\text{preh,zi,mi}} + \Delta T_{\text{prec,zi,mi}} + \Delta T_{\text{hr,zi,mi}} + \Delta T_{\text{RCA,zi,mi}} + \Delta T_{\text{c,zi,mi}} + \Delta T_{\text{hu,zi,mi}} + \Delta T_{\text{rh,zi,mi}} + \Delta T_{\text{fan,zi,mi}} \quad (11.103)$$

OPMERKING 2 Voor de volledigheid zijn in formule (11.103) $\Delta T_{\text{c,zi,mi}}$ en $\Delta T_{\text{rh,zi,mi}}$ opgenomen. Op het moment dat er geen sprake is van naverwarming of koeling van de ventilatielucht, zijn beide waarden gelijk aan 0 K.

OPMERKING 3 In geval van ventilatiesysteem SUPPLY_OP is een deel van de temperatuursprongen in formule (11.103) niet van toepassing. Die bedragen in dat geval dus 0 K.

De temperatuur van de lucht die de rekenzone in wordt geblazen, $\vartheta_{\text{SUP,dis;out,zi,mi}}$, wordt als volgt bepaald:

$$\vartheta_{\text{SUP,dis;out,zi,mi}} = \vartheta_{\text{SUP,dis;in,zi,mi}} - \Delta T_{\text{du,zi,mi}} \quad (11.104)$$

waarin:

$\vartheta_{\text{SUP,dis;in,zi,mi}}$	is de temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast/ ventilatie-unit verlaat (de kanalen 'in gaat'), in °C;
$\vartheta_{\text{SUP,dis;out,zi,mi}}$	is de temperatuur van de lucht die de rekenzone in wordt geblazen, in °C;
ϑ_{ODA}	is de gemiddelde buitentemperatuur ($\vartheta_{\text{ODA}} = \vartheta_{\text{e;avg,mi}}$), bepaald volgens tabel 17.1, in °C;
$\Delta T_{\text{preh,zi,mi}}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorverwarmen van het ventilatiedebiet in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> , in K, als gevolg van: — vorstbeveiliging door opwarmen van de toevoer van ventilatielucht.

In geval van VENT_SYS_OP = BALANCED_OP mét WTW geldt:

$\Delta T_{\text{preh};zi,mi} = \Delta T_{\text{defrost}}$, waarden hiervoor zijn gegeven in tabel 11.16.

In geval van VENT_SYS_OP = BALANCED_OP zonder WTW of

VENT_SYS_OP = SUPPLY_op, geldt: $\Delta T_{\text{preh};k} = 0$ K;

— met de aanwezigheid van een grondbuis voor de voorverwarming van de ventilatielucht wordt vooralsnog geen rekening gehouden;

— met de aanwezigheid van een zonnepaneel voor de voorverwarming van de ventilatielucht wordt vooralsnog geen rekening gehouden;

$\Delta T_{\text{prec};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het verkoelen van het ventilatiedebiet in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> als gevolg van de toepassing van een grondbuis, in K. Hiermee wordt vooralsnog geen rekening gehouden. $\Delta T_{\text{prec};zi,mi} = 0$;
$\Delta T_{\text{hr};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> , in K, bepaald volgens 11.3.2.2;
$\Delta T_{\text{RCA};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> , in K, bepaald volgens 11.3.2.3;
$\Delta T_{\text{c};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van koeling in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> , in K, bepaald volgens 11.3.2.4;
$\Delta T_{\text{hu};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van bevochtiging in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> , in K, bepaald volgens 11.3.2.5;
$\Delta T_{\text{rh};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van naverwarming in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> , in K, bepaald volgens 11.3.2.6;
$\Delta T_{\text{fan};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de toevoerventilator in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> , in K, bepaald volgens 11.3.2.7;
$\Delta T_{\text{du};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteverlies in kanalen in rekenzone <i>zi</i> in maand <i>mi</i> , in K, bepaald volgens 11.3.2.8;
$\Delta T_{\text{defrost}}$	is de temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging, in K.

Tabel 11.15 — Temperatuur van de lucht die de zone in wordt geblazen op het moment dat er sprake is van een luchtbehandelingskast (met koeling en verwarming)

Maand	Temperatuur van de lucht die de zone in wordt geblazen op het moment dat er sprake is van een luchtbehandelingskast (met koeling en verwarming) $\vartheta_{\text{SUP;dis,out}}$ °C	
	Sportfunctie	Andere gebruiksfuncties
Januari	16	18
Februari	16	18
Maart	16	17,5
April	16	17,5
Mei	16	17
Juni	16	16,5
Juli	16	16,5
Augustus	16	16,5
September	16	17
Oktober	16	17
November	16	17,5
December	16	18

11.3.2.1 Temperatuursprong vorstbeveiliging

11.3.2.1.1 Temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging

Indien er sprake is van een mechanische luchttoevoer, dan moet rekening worden gehouden met een temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging zoals in tabel 11.16 is weergegeven.

Tabel 11.16 — Temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging

Maand	$\Delta T_{\text{defrost}}$	
	Woonfunctie	Andere gebruiksfunctie
	K	K
Januari	0,2	0
Februari	0,2	
Maart	0	
April	0	
Mei	0	
Juni	0	
Juli	0	
Augustus	0	
September	0	
Oktober	0,2	
November	0,2	
December	0,2	

OPMERKING Voor utiliteitsbouw wordt geen rekening gehouden met een temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging. Hiervoor is gekozen in verband met het beperkte risico van invriezen als gevolg van beperkte vochtproductie ten opzichte van woningbouw.

11.3.2.1.2 Elektrische-energiegebruik vorstbeveiliging toevoerluchtvolumestroom

Bepaal het elektrische-energiegebruik voor de vorstbeveiliging van de toevoerluchtvolumestroom in een rekenzone per maand mi , volgens:

$$E_{V,\text{eldf};zi,mi} = \frac{P_{\text{eldf};mi} \times t_{mi}}{1\,000} \quad (11.105)$$

waarin:

$E_{V,\text{eldf};zi,mi}$ is het elektrische-energiegebruik voor vorstbeveiliging van de toevoerluchtvolumestroom in rekenzone zi , in maand mi , in kWh;

$P_{\text{eldf},mi}$ is het verwarmingsvermogen van de elektrische vorstbeveiliging in maand mi , in W, bepaald volgens formule (11.106);

t_{mi} is de lengte van de maand mi , in h, volgens tabel 17.1.

Bepaal het verwarmingsvermogen van de elektrische naverwarming in maand mi volgens:

$$P_{\text{eldf},mi} = q_{V,ODA;\text{eff},zi,mi} \times \frac{\rho_a \times c_a}{3\,600} \times \Delta T_{\text{defrost}} \quad (11.106)$$

waarin:

$q_{V,ODA;\text{eff},zi,mi}$ is de benodigde effectieve lucht volumestroom van buitenlucht volgens de berekening voor de warmtebehoefte voor rekenzone zi voor maand mi , in m^3/h , volgens 11.2.2.2;

ρ_a is de dichtheid van lucht, = $1,205 \text{ kg}/\text{m}^3$;

c_a is de specifieke warmtecapaciteit van lucht, = $1\,006 \text{ J}/\text{kg} \times \text{K}$;

$\Delta T_{\text{defrost}}$ is de temperatuursprong als gevolg van vorstbeveiliging, in K, volgens 11.3.2.1.

11.3.2.2 Temperatuursprong warmteterugwinning

De temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone zi in maand mi wordt als volgt bepaald:

Indien er sprake is van een 100 % bypass, dan geldt bij een koudebehoefte:

$$\Delta T_{\text{hr},zi,mi} = 0$$

Indien er sprake is van een 100 % bypass én de WTW is met koudeterugwinning uitgevoerd, dan geldt bij een koudebehoefte:

$$\Delta T_{\text{hr},zi,mi} = (\vartheta_{i,zi,mi} - \vartheta_{ODA;\text{preh};WTWC;zi,mi}) \times \eta_{\text{hr}} \times \tau_{C;mi} \quad (11.106a)$$

waarbij geldt:

indien $\vartheta_{i,zi,mi} \geq \vartheta_{ODA;\text{preh};WTWC;zi,mi}$

dan geldt: $\Delta T_{\text{hr},zi,mi} = 0$

Waarin:

$\Delta T_{\text{hr},zi,mi}$ is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone zi in maand mi , in K;

$\vartheta_{ODA;\text{preh};WTWC;zi,mi}$ is de maandgemiddelde temperatuur van de toevoerlucht vóór de WTW gedurende de periode dat er sprake is van koudeterugwinning via de WTW, in °C, bepaald volgens tabel 17.1;

$\vartheta_{i,zi,mi}$ is de (effectieve) binnentemperatuur, die gelijk gesteld is aan de rekentemperatuur van de zone, in °C, volgens 7.9.4 ($\vartheta_{\text{int;set};C;\text{stc},mi}$);

Gewijzigde veldcode

$t_{C,mi}$ is de tijdfractie dat er sprake is van koudeterugwinning via de WTW in maand mi , ontleend aan tabel 11.7.

Er is sprake van een WTW met koude-terugwinning als de WTW is uitgevoerd met een 100% bypass en er:

— ten minste sprake is van een automatische sturing van het ventilatiesysteem waarbij die sturing afhankelijk is van de actuele gemeten binnen- én buitentemperatuur, en

— er geen gebruik wordt gemaakt van de bypass als de actueel gemeten binnentemperatuur lager is dan de actueel gemeten buitentemperatuur, en

— uit een BCRG-verklaring blijkt dat er sprake is van koude-terugwinning.

In alle overige gevallen (geen 100 % bypass en bij een warmtebehoefte) geldt:

$$\Delta T_{hr;zi,mi} = (f_{prac;hr} \times \eta_{hr} \times \eta_{bypass} - (f_{lea;ahu} - 1) - f_{ins;ahu}) \times (\vartheta_{ETA;dis;out,zi,mi} - \vartheta_{ODA;preh,zi,mi}) \quad (11.107)$$

$$\vartheta_{ODA;preh,zi,mi} = \vartheta_{ODA} + \Delta T_{preh,zi,mi} \quad (11.108)$$

Indien niet kan worden vastgesteld of er sprake is van een bypass of de mate van bypass kan niet worden vastgesteld, dan geldt:

- in geval van woningbouw met een bouw- of fabricagejaar van 2010 of later: 100 % bypass;
- in geval van woningbouw met een onbekend fabricagejaar van de AHU of ventilatie-unit of een bouw- of fabricagejaar van de AHU of ventilatie-unit van vóór 2010 waarbij niet kan worden vastgesteld dat er sprake is van een bypass: 0 % bypass;
- in geval van woningbouw met een onbekend fabricagejaar van de AHU of ventilatie-unit of een bouw- of fabricagejaar van de AHU of ventilatie-unit van vóór 2010 waarbij kan worden vastgesteld dat er sprake is van een bypass: 70 % bypass;
- in geval van utiliteitsbouw: 0 % bypass ($f_{bypass} = 0$).

waarin:

$\Delta T_{hr;zi,mi}$ is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone zi in maand mi , in K;

$f_{prac;hr}$ is de praktijkprestatiefactor voor warmteterugwinning, als volgt bepaald:
 $f_{prac;hr} = 1 - f_{rend;iso} - f_{rend;onb} - f_{rend;cond}$, waarbij geldt: voor woningbouw: $f_{prac;hr} \leq 0,9$; voor utiliteitsbouw: $f_{prac;hr} \leq 0,95$;

$f_{rend;iso}$ is de aftrek voor warmtelekken via de isolatie van het toevoerkanaal tussen buiten en het WTW-toestel.

Voor de bepaling van $f_{rend;iso}$ geldt:

$$f_{rend;iso} = \frac{0,01}{0,25 + \frac{d}{\lambda}} \times L_{bu} \quad (11.109)$$

waarin:

d is de dikte van de isolatie om de genoemde buiten aansluiting, in m;

λ is de warmtedoorgangscoefficiënt van het isolatiemateriaal, in $W/(m \times K)$;

L_{bu} is de lengte van het toevoerkanaal tussen buiten en het WTW-toestel, in m;
het betreft de lengte van het kanaaldeel dat zich binnen de gebouwschil bevindt.

Bij onbekende eigenschappen van de isolatie van de buitenaansluiting geldt:

— $f_{rend,iso} = 0,04 \times L_{bu}$ voor een niet-geïsoleerd kanaal;

— $f_{rend,iso} = 0,02 \times L_{bu}$ voor een geïsoleerd kanaal.

Er is sprake van een geïsoleerd kanaal op het moment dat het kanaal over minimaal 90 % van de kanaallengte een warmteweerstand van minimaal $0,3 \text{ m}^2\text{K/W}$ heeft;

— $f_{rend,iso} = 0,04 \times L_{bu}$ indien onbekend is of het kanaal is geïsoleerd.

Bij onbekende lengte L_{bu} geldt:

— $L_{bu} = 4 \text{ m}$ bij een eengezinswoning;

— $L_{bu} = 0,5 \times H$ bij een appartement(gebouw), waarbij H de buitenwerkse gebouwhoogte gemeten van het laagste punt van het maaiveld tot en met het hoogste punt van het gebouw is, in m, volgens 11.2.1.2;

— $L_{bu} = 4 \text{ m}$ bij een utiliteitsgebouw.

OPMERKING 1 Omdat de lengte van buitenaansluitingen in de binnenruimte bij decentrale systemen veelal nihil is, zal de aftrek hiervoor verwaarloosbaar zijn.

OPMERKING 2 Hoewel hier uitsluitend de warmtelekken in de buitenaansluiting van de toevoer worden beschouwd, treedt een vergelijkbaar warmtelek op in de buitenaansluiting van de afvoer. Dit aandeel komt niet tot uiting in het praktijkrendement en is verwerkt in de temperatuursprong $\Delta T_{SUP;du;nc;in}$, die bij de bepaling van $\vartheta_{ETA;dis;out;zi;mi}$ in 11.3.3 is bepaald.

OPMERKING 3 Indien er meerdere WTW-toestellen zijn gelegen binnen een klimatiseringszone, en die WTW-toestellen hebben dezelfde kenmerken, behoudens de lengte van het toevoerkanaal, dan mag worden gerekend met de gemiddelde lengte van het toevoerkanaal tussen buiten en de WTW-toestellen (L_{bu}).

$f_{rend,onb}$ is de aftrek voor onbalans door weerstandsveranderingen in aangesloten distributie- en verzamelkanalen en in het WTW-toestel zelf.

Voor $f_{rend,onb}$ gelden de waarden:

— $f_{rend,onb} = 0,05$ bij centrale systemen;

— $f_{rend,onb} = 0,02$ bij decentrale systemen (ventilatiesysteem D.5b);

— $f_{rend,onb} = 0,0$ bij toepassing van een constantvolumeregeling (mogelijk bij zowel centrale als decentrale systemen).

Omdat bij decentrale systemen distributiekkanalen in het gebouw ontbreken, wordt de aftrek voor onbalans teruggebracht tot uitsluitend een aandeel ten gevolge van filtervervuiling.

Een constantvolumeregeling compenseert drukveranderingen door de toe- en afvoerventilator bij te regelen. Omdat de balans tussen toe- en afvoer wordt hersteld,

vervalt de aftrek voor onbalans, mits de regeling bij alle schakelstanden van de ventilatie actief is. Indien niet kan worden vastgesteld dat er sprake is van een constantvolumeregeling, ga er dan van uit dat er geen sprake is van constantvolumeregeling.

OPMERKING 4 Een constantvolumeregeling wordt doorgaans alleen toegepast waar WTW en ventilator zijn gecombineerd, zoals bij woningbouw-units. In een luchtbehandelingskast zijn WTW en ventilator vaak gescheiden en is er doorgaans geen sprake van een constant volumeregeling.

$f_{\text{rend,cond}}$ is de aftrek voor vermindering van warmteoverdracht door condensvorming in het WTW-blok.

Voor $f_{\text{rend,cond}}$ gelden de waarden volgens tabel 11.17, afhankelijk van het toestelrendement.

Tabel 11.17 — Aftrekwaarden voor vermindering van warmteoverdracht door condensvorming in het WTW-blok

Toestelrendement volgens NEN-EN 13141-7, NEN-EN 13141-8, NEN-EN 13142	$f_{\text{rend,cond}}$
≥ 80 %	0,025
≥ 85 %	0,05
≥ 90 %	0,075
≥ 95 %	0,10
Onbekend/overig	0,10

Indien het rendement van het WTW-systeem wordt bepaald volgens tabel 11.18, dan geldt $f_{\text{rend,cond}} = 0, \eta_{\text{bypass}}$

η_{bypass} is de factor waarmee het effect van een WTW-bypassvoorziening op de transmissie- en ventilatiewarmteverliezen in rekening wordt gebracht, waarbij:

- bij warmtebehoefte: $\eta_{\text{bypass},mi} = 1,00$;
- bij koudebehoefte: $\eta_{\text{bypass},mi} = (1 - \tau_{\text{bypass},mi} \times f_{\text{bypass}})$;

waarin:

$\tau_{\text{bypass},mi}$ is de temperatuurgewogen tijdfractie van de inzet van de WTW-bypassvoorziening bij koudebehoefte in maand mi , ontleend aan tabel 11.7;

f_{bypass} is het bypassaandeel van de WTW-installatie bij koudebehoefte, bepaald volgens het systeemontwerp.

OPMERKING 5 Het gunstige effect van een WTW-bypassvoorziening op de transmissie- en ventilatiewarmteverliezen is niet op eenvoudige wijze in rekening te brengen en hangt af van momentane verschillen in de binnen- en buitenluchttemperatuur en gebouwweigenschappen.

Met de factor η_{bypass} wordt de effectiviteit van een WTW-bypassvoorziening gerelateerd aan een temperatuurgewogen tijdfractie voor inzet van de bypassvoorziening. Deze temperatuurgewogen tijdfracties zijn afgeleid vanuit koellastberekeningen op uurbasis.

OPMERKING 6 Voor een WTW-installatie met gedeeltelijke bypassvoorziening geldt bij bijvoorbeeld een installatie waarbij 50 % van de lucht kan worden gebypast, $f_{\text{bypass}} = 0,50$.

η_{hr} is het rendement van de warmteterugwinning, volgens NEN-EN 13141-7, NEN-EN 13141-8; NEN-EN 13142, NEN-EN 13053, dan wel ontleend aan tabel 11.18;

$f_{\text{lea,ahu}}$ is een maat voor de overmaat aan onbenutte ventilatie door luchtlekken in de AHU volgens 11.2.2.5.2;

$f_{\text{ins,ahu}}$ is de isolatiefactor van de AHU. Indien er geen sprake is van een AHU of de AHU staat in de thermische zone, geldt $f_{\text{ins,ahu}} = 0,00$. In alle overige gevallen geldt $f_{\text{ins,ahu}} = 0,02$;

OPMERKING 7 De waarde $f_{\text{ins,ahu}}$ van 0,02 is gebaseerd op een AHU die is getest volgens NEN-EN 13141-7 met een thermische weerstand van de wand van de kast (R_{cas}) van 0,50 m²K/W tot 0,75 m²K/W.

$\vartheta_{\text{ETA;dis;out;zi,mi}}$ is de gemiddelde temperatuur van de afgezogen lucht uit rekenzone z_i in maand mi , in °C, bepaald volgens 11.3.3, formule (11.130);

$\vartheta_{\text{ODA;preh;zi,mi}}$ is de gemiddelde temperatuur van de ventilatielucht na voorverwarming in rekenzone z_i in maand mi , °C;

ϑ_{ODA} is de gemiddelde buitentemperatuur ($\vartheta_{\text{ODA}} = \vartheta_{e;\text{avg};mi}$), in °C, bepaald volgens tabel 17.1;

$\Delta T_{\text{preh;zi,mi}}$ is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorverwarmen van het ventilatiedebiet in rekenzone z_i in maand mi , in K, volgens 11.3.2.

Tabel 11.18 — Rendement van WTW-installaties

WTW-systeem	η_{hr}
Geen warmteterugwinning	0,00
Koude laden met luchtbehandelingskast	0,40
Platen- of buizenwarmtewisselaar	0,65
Kruisstroomwarmtewisselaar	0,55
Twee-elementensysteem	0,60
Warmebuisapparaat ('heat pipe')	0,60
Langzaam roterende of intermitterende warmtewisselaar	0,70
Enthalpiewisselaar	0,75
Tegenstroomwarmtewisselaar:	

Aluminium	0,75
Kunststof	0,80

OPMERKING 8 In de rendementen van WTW-installaties zoals weergegeven in tabel 11.18 is het effect van dissipatie reeds inbegrepen.

11.3.2.3 Temperatuursprong als gevolg van recirculatie

Is er sprake van recirculatie, dan wordt de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie als volgt bepaald:

$$\Delta T_{RCA;zi,mi} = \frac{q_{V;RCA;zi,mi}}{q_{V;SUP;RCA;zi,mi}} \cdot (\vartheta_{ETA;dis;out;zi,mi} - \vartheta_{SUP;hr;zi,mi}) \quad (11.110)$$

$$q_{V;RCA;zi,mi} = q_{V;ETA;dis;out;zi,mi} \times (1 - f_{terugregel;recirculatie}) \quad (11.111)$$

$$q_{V;SUP;RCA;zi,mi} = q_{V;ODA;eff;zi,mi} + q_{V;RCA;zi,mi} \quad (11.112)$$

$$\vartheta_{SUP;hr;zi,mi} = \vartheta_{ODA} + \Delta T_{preh;zi,mi} + \Delta T_{prec;zi,mi} + \Delta T_{hr;zi,mi} \quad (11.113)$$

waarin:

$\Delta T_{RCA;zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone zi in maand mi , in K;
$q_{V;RCA;zi,mi}$	is het gerecirculeerde ventilatiedebiet in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h;
$q_{V;SUP;RCA;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet na bijmenging van gerecirculeerde ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , m ³ /h;
$\vartheta_{ETA;dis;out;zi,mi}$	is de temperatuur van de lucht volumestroom die kanalen verlaten naar de AHU of ventilatie-unit, in °C, bepaald volgens 11.3.3;
$\vartheta_{SUP;hr;zi,mi}$	is de temperatuur van de toevoerlucht na een (eventuele) naverwarming, verkoeling en warmteterugwinning, in °C;
$q_{V;ETA;dis;out;zi,mi}$	is het ventilatiedebiet dat de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit in gaat in rekenzone zi in maand mi , in m ³ /h, bepaald volgens 11.3.1.2;
$f_{terugregel;recirculatie}$	is een correctiefactor voor de mate van terugregeling van de hoeveelheid rechtstreeks van buiten komende verse lucht als gevolg van recirculatie, bepaald volgens 11.2.2.4.2. Uit 11.2.2.4.2 blijkt dat voor woonfuncties zonder een collectieve ventilatievoorziening geldt dat $f_{terugregel;recirculatie} = 1$;
$q_{V;ODA;eff;zi,mi}$	is de effectieve toevoer ventilatielucht, in m ³ /h, bepaald volgens 11.2.2.2;
ϑ_{ODA}	is de gemiddelde buitentemperatuur ($\vartheta_{ODA} = \vartheta_{e;avg;mi}$), in °C, bepaald volgens tabel 17.1;
$\Delta T_{preh;zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorverwarmen van het ventilatiedebiet in rekenzone zi in maand mi , in K, volgens 11.3.2;

$\Delta T_{\text{prec};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van het voorkoelen van het ventilatiedebiet in rekenzone zi in maand mi als gevolg van de toepassing van een grondbuis, in K, volgens 11.3.2;
$\Delta T_{\text{hr};zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteterugwinning in rekenzone zi in maand mi , in K, bepaald volgens 11.3.2.2.

11.3.2.4 Temperatuursprong koeling (en ontvochtiging) ventilatielucht

Als er geen sprake is van voorkoeling van de ingaande lucht of als er niet kan worden vastgesteld dat er sprake is van voorkoeling van de ingaande lucht en/of in geval van de berekening van de warmtebehoefte, geldt:

$$Q_{C;ahu;in;air;zi,mi} = 0$$

OPMERKING 1 In de berekening van de warmtebehoefte wordt verondersteld dat er geen sprake is van koeling van de ventilatielucht in de luchtbehandelingskast.

Als er sprake is van voorkoeling van de ingaande lucht, dan wordt de temperatuursprong van de lucht als gevolg van die voorkoeling per maand als volgt bepaald:

$$\Delta \theta_{C;zi,mi} = - \frac{Q_{C;ahu;in;air;zi,mi}}{q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} \times (\rho \times c)_a \times t_{mi}} \quad (11.114)$$

waarin:

$$Q_{C;ahu;in;air;zi,mi} = -(q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} \times (\rho \times c)_a \times t_{mi}) \times (\vartheta_{SUP;dis;in;zi,mi} - \vartheta_{SUP;RCA;zi,mi}) \quad (11.115)$$

waarin:

$$Q_{C;ahu;in;air;zi,mi} \geq 0$$

Als $Q_{C;ahu;in;air;zi,mi} < 0$, dan geldt:

$$Q_{C;ahu;in;air;zi,mi} = 0$$

$$Q_{C;ahu;in;req;zi,mi} = \frac{Q_{C;ahu;in;air;zi,mi}}{\eta_{c,AHU}} \quad (11.116)$$

OPMERKING 2 $Q_{C;ahu;in;req;zi,mi}$ en $Q_{C;ahu;in;air;zi,mi}$ zijn nodig in hoofdstuk 10.

$$\vartheta_{SUP;RCA;zi,mi} = \vartheta_{SUP;hr;zi,mi} + \Delta T_{RCA;zi,mi} \quad (11.117)$$

waarin:

$\Delta T_{C;zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van koeling in rekenzone zi in maand mi , in K;
$Q_{C;ahu;in;req;zi,mi}$	is de hoeveelheid warmte die aan de ventilatielucht onttrokken wordt via de koelbatterij, in rekenzone zi , in maand mi , in kWh;
$Q_{C;ahu;in;air;zi,mi}$	is de koudebehoefte van luchtstroom door het luchtbehandelingssysteem van thermische zone zi in maand mi , in kWh;

$\eta_{c,ahu}$	is het rendement van het koelblok vastgesteld op 0,98;
$q_{V;SUP;dis;in;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die naar de rekenzone gaat, in m ³ /h, bepaald volgens 11.3.1;
ρ_a	is de dichtheid van lucht, in kg/m ³ bepaald volgens formule (11.4), bij $T = \vartheta_{SUP;RCA;zi,mi}$;
c_a	is de specifieke warmtecapaciteit van lucht: 0,000 027 9 kWh/(kg×K);
t_{mi}	is de lengte van de maand mi , in h, volgens tabel 17.1;
$\vartheta_{SUP;dis;in;zi,mi}$	is de temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit verlaat (de kanalen 'in gaat'), in °C, bepaald volgens 11.3.2;
$\vartheta_{SUP;RCA;zi,mi}$	is de temperatuur van de lucht na (eventuele) recirculatie van ventilatielucht in rekenzone zi in maand mi , °C, bepaald volgens formule (11.117);
$\vartheta_{SUP;hr;zi,mi}$	is de temperatuur van de toevoerlucht na een (eventuele) naverwarming, voorkoeling en warmterugwinning, in °C, bepaald volgens 11.3.2.3;
$\Delta T_{RCA;zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone zi in maand mi , in K, bepaald volgens 11.3.2.3.

11.3.2.5 Temperatuursprong bevochtiging

Bepaal de temperatuursprong van de lucht als gevolg van bevochtiging als volgt:

$$\Delta T_{HU} = 0$$

OPMERKING In hoofdstuk 12 wordt het energiegebruik voor bevochtiging berekend. Daarbij wordt uitsluitend de latente energie voor verdamping van het toegevoerde water voor de bevochtigingsfunctie berekend. Gesteld is dat er geen sprake is van voelbare warmte als gevolg van bevochtiging waardoor er geen temperatuursprong van de ventilatielucht is als gevolg van bevochtiging.

11.3.2.6 Temperatuursprong naverwarming ventilatielucht

Als er geen sprake is van verwarming van de ingaande lucht en/of in geval van de berekening van de koudebehoefte, geldt: $\Delta\theta_{rh;zi,mi} = 0$.

OPMERKING 1 In de berekening van de koudebehoefte wordt verondersteld dat er geen sprake is van verwarming van de ventilatielucht in de luchtbehandelingskast.

Als er sprake is van naverwarming van de ingaande lucht, dan wordt de temperatuursprong van de lucht als gevolg van die naverwarming per maand als volgt bepaald:

$$\Delta\theta_{rh;zi,mi} = \frac{Q_{H;ahu;in;air;zi,mi}}{q_{V;SUP;dis;zi,mi} \times (\rho \times c)_a \times t_{mi}} \quad (11.118)$$

$$Q_{H;ahu;in;air;zi,mi} = \left(q_{V;SUP;dis;in;zi,mi} \times (\rho \times c)_a \times t_{mi} \right) \times \left(\vartheta_{SUP;dis;in;zi,mi} - \vartheta_{SUP;hu;zi,mi} \right) \quad (11.119)$$

waarin:

$$Q_{H;ahu;in;air;zi,mi} \geq 0$$

Als $Q_{H;ahu;in;air;zi,mi} < 0$, dan geldt $Q_{H;ahu;in;air;zi,mi} = 0$.

$$Q_{H;AHU;in;req;zi,mi} = \frac{Q_{H;ahu;in;air;zi,mi}}{\eta_{H;ahu}} \quad (11.120)$$

OPMERKING 2 $Q_{H;ahu;in;req;zi,mi}$ is nodig in hoofdstuk 9.

$$\vartheta_{SUP;hu;zi,mi} = \vartheta_{SUP;hr;zi,mi} + \Delta T_{RCA;zi,mi} + \Delta T_{c;zi,mi} + \Delta T_{hu;zi,mi} \quad (11.121)$$

waarin:

$\vartheta_{rh;zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van naverwarming in rekenzone zi in maand mi , in K;
$Q_{H;ahu;in;air;zi,mi}$	is de hoeveelheid warmte die aan de ventilatielucht toegevoegd wordt via de verwarmingsbatterij, in rekenzone zi , in maand mi , in kWh;
$Q_{H;ahu;in;req;zi,mi}$	is de warmtebehoefte van de luchtstroom door het luchtbehandelingssysteem van thermische zone zi in maand mi , in kWh;
$\eta_{H;ahu}$	is het rendement van het verwarmingsblok vastgesteld op 0,98;
$Q_{V;SUP;dis;in;zi,mi}$	is de hoeveelheid lucht die naar de rekenzone gaat, in m ³ /h, bepaald volgens 11.3.1;
ρ_a	is de dichtheid van lucht, in kg/m ³ , bepaald volgens formule (11.4), bij $T = (\vartheta_{SUP;hu;zi,mi} + 273)$;
c_a	is de specifieke warmtecapaciteit van lucht: 0,000 027 9 kWh/(kg×K);
t_{mi}	is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand mi , in h, bepaald volgens tabel 17.1;
$\vartheta_{SUP;dis;in;zi,mi}$	is de temperatuur van de lucht die de luchtbehandelingskast of ventilatie-unit verlaat (de kanalen 'in gaat'), in °C, bepaald volgens 11.3.2;
$\vartheta_{SUP;hu;zi,mi}$	is de temperatuur van de lucht na (eventuele) bevochtiging van ventilatielucht, in °C, bepaald volgens formule (11.121);
$\vartheta_{SUP;hr;zi,mi}$	is de temperatuur van de toevoerlucht na een (eventuele) naverwarming, verkoeling en warmteterugwinning, in °C bepaald volgens 11.3.2.3;
$\Delta T_{RCA;zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van recirculatie in rekenzone zi in maand mi , in °C, bepaald volgens 11.3.2.3;
$\Delta T_{c;zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van koeling in rekenzone zi in maand mi , in °C, bepaald volgens 11.3.2.4;
$\Delta T_{hu;zi,mi}$	is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van bevochtiging in rekenzone zi in maand mi , in °C, bepaald volgens 11.3.2.5.

11.3.2.7 Temperatuursprong ventilator

De temperatuurverhoging van de lucht als gevolg van dissipatie van ventilatoren in rekenzone zi in maand mi wordt als volgt bepaald:

- voor de berekening van de warmtebehoefte:
 - indien de lucht via een warmteterugwinvoorziening stroomt waarbij de dissipatie al is inbegrepen in de rekenwaarde van het WTW-rendement: $\Delta T_{H;fan;zi,mi} = 0$ K;
 - in alle andere situaties: $\Delta T_{H;fan;zi,mi} = 1$ K.
- voor de berekening van de koudebehoefte:
 - indien de lucht via een warmteterugwinvoorziening stroomt waarvan de dissipatie al is inbegrepen in de rekenwaarde van het WTW-rendement en er tevens geen bypass aanwezig is: $\Delta T_{C;fan;zi,mi} = 0$ K. in alle andere situaties:
 - voor woningbouw: $\Delta T_{C;fan;zi,mi} = 0,7$ K;
 - voor utiliteitsbouw: $\Delta T_{C;fan;zi,mi} = 1,5$ K.

OPMERKING Bij de bepaling van het WTW-rendement volgens NEN-EN 13141-7 of NEN-EN 13141-8 is al rekening gehouden met de temperatuurverhoging door dissipatie van ventilatoren.

11.3.2.8 Temperatuursprong luchtkanalen

Is er sprake van kanalen van de AHU naar de rekenzone, dan wordt de temperatuursprong van de lucht als gevolg van warmteverlies in die kanalen als volgt bepaald:

$$\Delta T_{du;zi,mi} = \Delta T_{SUP;du;nc;in;zi,mi} + \Delta T_{SUP;du;cnd;in;zi,mi} \quad (11.122)$$

waarin:

- | | |
|----------------------------------|---|
| $\Delta T_{du;zi,mi}$ | is de temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, in K; |
| $\Delta T_{SUP;du;nc;in;zi,mi}$ | is de temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, voor zover die aan een ruimte grenzen buiten een thermische zone voor rekenzone zi in maand mi , in K. Indien er geen kanalen buiten de thermische zone zijn gelegen, dan geldt $\Delta T_{SUP;du;nc;in;zi,mi} = 0$ °C. Voor overige gevallen wordt $\Delta T_{SUP;du;nc;in;zi,mi}$ bepaald volgens tabel 11.19; |
| $\Delta T_{SUP;du;cnd;in;zi,mi}$ | is de temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, voor zover die binnen een rekenzone zijn gelegen of zijn gelegen in de AVR voor rekenzone zi in maand mi , in K. Uitgangspunt: $\Delta T_{SUP;du;cnd;in;zi,mi} = 0$ °C. |

Tabel 11.19 — Temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, voor zover die aan een ruimte grenzen buiten een thermische zone

	$\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{nc};\text{in}}$ K	$\Delta T_{\text{SUP};\text{d};\text{nc};\text{in}}$ K	$\Delta T_{\text{SUP};\text{du};\text{nc};\text{in}}$ K
Maand	Situatie 1	Situatie 2	Situatie 3
Januari	0,0	2,82	5,72
Februari		2,47	4,99
Maart		2,29	4,63
April		1,73	3,51
Mei		0,86	1,73
Juni		0,63	1,28
Juli		0,32	0,64
Augustus		0,25	0,5
September		0,71	1,44
Oktober		1,56	3,16
November		1,95	3,95
December		2,6	5,26
Situatie 1: lengte van het kanaal is ≤ 20 m en geïsoleerd ($R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$)			
Situatie 2: lengte van het kanaal is 20 m – 40 m en geïsoleerd ($R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$) of, lengte van het kanaal is ≤ 20 m en niet-geïsoleerd ($R < 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$) of de isolatiewaarde van het kanaal is onbekend			
Situatie 3: lengte van het kanaal is ≥ 40 m en geïsoleerd ($R \geq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$) of, lengte van het kanaal is > 20 m en niet-geïsoleerd ($R < 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$) of, lengte van het kanaal en/of thermische kwaliteit kanaal is onbekend			

OPMERKING Indien er sprake is van meerdere kanalen van de AHU naar de rekenzone, dan moet de gemiddelde kanaallengte worden bepaald. Hetzelfde geldt indien mate van isolatie (R-waarde) verschilt, dan moet de gemiddelde isolatie worden bepaald.

11.3.2.9 Voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom

11.3.2.9.1 Temperatuursprong voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom

Indien sprake is van voorverwarming van de toevoerlucht in een component voor natuurlijke toevoer (bijvoorbeeld een ventilatierooster met verwarmingslint), bepaal dan de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de elektrische voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in de natuurlijke toevoerroosters, als volgt:

Voor de bepaling van de koudebehoefte:

$$\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}} = 0$$

Voor de bepaling van de warmtebehoefte volgens de volgende vergelijking:

$$\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}} = \min \left[\frac{P_{\text{elvv;max}} \cdot 1\,000}{\rho_a \cdot c_a}; \Delta T_{\text{preh;roosters;max}} \right] \quad (11.123)$$

Als $\vartheta_{\text{ODA}} \geq \vartheta_{\text{aan}}$

en/of $\vartheta_{\text{ODA}} \geq \vartheta_{\text{supl;elvv;max}}$

dan geldt: $\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}} = 0$

Indien onvoldoende informatie beschikbaar is om $\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}}$ te bepalen volgens formule (11.123), bepaal $\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}}$ dan als volgt:

$$\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}} = (\vartheta_{\text{int;set;H;stc}} - 4) - \vartheta_{\text{ODA}} \quad (11.124)$$

OPMERKING 1 Uitgangspunt is dat met 4 °C ondertemperatuur tocht wordt voorkomen.

waarin:

$\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}}$ is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in de natuurlijke toevoerroosters, in rekenzone zi , in maand mi , in K, $\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}} \geq 0$. Als $\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}} < 0$, dan geldt $\Delta T_{\text{preh;roosters;zi,mi}} = 0$;

$P_{\text{elvv;max}}$ is het maximale beschikbare verwarmingsvermogen per dm^3/s toevoerluchtvolumestroom, $\text{W}/(\text{dm}^3/\text{s})$;

ρ_a is de dichtheid van lucht op zeeniveau, bij 293 K en droge lucht, $1,205 \text{ kg}/\text{m}^3$;

c_a is de specifieke warmtecapaciteit van lucht, $= 1\,005, \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$;

$\Delta T_{\text{preh;roosters;max}}$ is de maximale temperatuursprong als gevolg van de elektrische voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in de natuurlijke toevoerroosters, in °C;

ϑ_{ODA} is de gemiddelde buitentemperatuur ($\vartheta_{\text{ODA}} = \vartheta_{\text{e;avg;mi}}$), in °C, bepaald volgens tabel 17.1;

$\vartheta_{\text{int;set;H;stc}}$ is het normale (thermisch comfortniveau) verwarmingstemperatuursetpoint in rekenzone zi , in °C, volgens 7.9.4.1;

ϑ_{aan} is de buitenluchttemperatuur waaronder de elektrische voorverwarming wordt ingeschakeld, bepaald volgens het systeemontwerp, in °C;

$\vartheta_{SUP;elvv,max}$ is de maximale inblaasttemperatuur waarop wordt geregeld, bepaald volgens het systeemontwerp, in °C.

OPMERKING 2 Er is verondersteld dat systemen met een bouw- of installatiejaar voor 2010 niet zijn voorzien van voorverwarming van de toevoerlucht in een component voor natuurlijke toevoer.

11.3.2.9.2 Elektrische-energiegebruik voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom

Bepaal het elektrische-energiegebruik voor de voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in een rekenzone per maand mi , volgens:

$$E_{V;elvv;zi,mi} = \frac{P_{elvv,mi} \times t_{mi}}{1\,000} \quad (11.125)$$

waarin:

$E_{V;elvv;zi,mi}$ is het elektrische-energiegebruik voor voorverwarming van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in rekenzone zi , in maand mi , in kWh;

$P_{elvv,mi}$ is het verwarmingsvermogen van de elektrische voorverwarming in maand mi , in W, bepaald volgens formule (11.126);

t_{mi} is de lengte van de maand mi , in h, volgens tabel 17.1.

Bepaal het verwarmingsvermogen van de elektrische voorverwarming in maand mi volgens:

$$P_{elvv,mi} = q_{V;nat;elvv,mi} \times \frac{\rho_a \cdot c_a}{3\,600} \times \Delta T_{preh;roosters;zi,mi} \quad (11.126)$$

waarin:

$q_{V;nat;elvv,mi}$ is de tijdgemiddelde elektrisch voorverwarmde toevoerluchtvolumestroom in maand mi , in m³/h, bepaald volgens formule (11.127);

ρ_a is de dichtheid van lucht, = 1,205 kg/m³;

c_a is de specifieke warmtecapaciteit van lucht = 1 006 J/kgK;

$\Delta T_{preh;roosters;zi,mi}$ is de temperatuursprong van de lucht als gevolg van de voorverwarming natuurlijke toevoerluchtvolumestroom in de natuurlijke toevoerroosters, in K, volgens 11.3.2.9.1.

$$q_{V;nat;elvv,mi} = q_{V;eff;vent,in;zi,mi} \times f_{pre;nat;elvv;} \quad (11.127)$$

waarin:

$q_{V;eff;vent,in;zi,mi}$ is de effectieve (natuurlijke) toevoer van ventilatielucht van buitenlucht voor rekenzone zi in maand mi , in m³/h, volgens 11.2.1.7;

$f_{pre;nat;elvv;zi}$ is het aandeel van de natuurlijke toevoerluchtvolumestroom door de ventilatievoorziening dat wordt opgewarmd door elektrische

voorverwarming in rekenzone zi , in maand mi , bepaald met de volgende vergelijking:

$$f_{pre,nat,elvv,zi} = \frac{q_{V,sys,nat,elvv,zi}}{(q_{V,inst,1a,zi} + q_{V,inst,1b,zi}) \times 3,6} \quad (11.128)$$

waarbij geldt: $f_{pre,nat,elvv,zi,mi} \leq 1$

waarin:

- $q_{V,sys,nat,elvv,zi}$ is de ontworpen hoeveelheid lucht volumestroom door de ventilatievoorziening die wordt opgewarmd door de elektrische voorverwarming, voor rekenzone zi , in m^3/h . Indien $q_{V,sys,nat,elvv,zi}$ niet bekend is, dan geldt: $f_{pre,nat,elvv,zi} = 1$;
- $q_{V,inst,1a}$ is de geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit van natuurlijke toevoer van buitenlucht voor rekenzone zi , bepaald volgens 5.1 van NEN 1087:2001 voor nieuwbouw en 4.1 van NEN 8087:2001 voor bestaande bouw in dm^3/s ;
- $q_{V,inst,1b}$ is de geïnstalleerde/te installeren ventilatiecapaciteit van natuurlijke toevoer van buitenlucht door een ruimte (zoals een serre of atrium) waar natuurlijke opwarming plaatsvindt voor rekenzone zi , bepaald volgens 5.1 van NEN 1087:2001 voor nieuwbouw en 4.1 van NEN 8087:2001 voor bestaande bouw in dm^3/s .

11.3.3 Temperatuur afvoerlucht

De temperatuur van de lucht volumestroom die in de rekenzone wordt afgezogen en van de lucht volumestroom die de kanalen verlaat naar de AHU of ventilatie-unit wordt als volgt bepaald:

$$\vartheta_{ETA,dis,in,zi,mi} = \vartheta_{int,calc,zi,mi} \quad (11.129)$$

$$\vartheta_{ETA,dis,out,zi,mi} = \vartheta_{ETA,dis,in,zi,mi} - \Delta T_{SUP,du,nc,in,zi,mi} \quad (11.130)$$

waarin:

- $\vartheta_{ETA,dis,in,zi,mi}$ is de temperatuur van de lucht volumestroom die in rekenzone zi in maand mi wordt afgezogen, in $^{\circ}C$;
- $\vartheta_{int,calc,zi,mi}$ is de rekentemperatuur van de zone, in $^{\circ}C$, volgens 7.9.4 ($\vartheta_{int;set,H,ste,mi}$ en $\vartheta_{int;set,C,ste,mi}$), in $^{\circ}C$;
- $\vartheta_{ETA,dis,out,zi,mi}$ is de temperatuur van de lucht volumestroom die de kanalen verlaat naar de AHU of ventilatie-unit, $^{\circ}C$;
- $\Delta T_{SUP,du,nc,in,zi,mi}$ is de temperatuursprong als gevolg van warmteverliezen in de kanalen van de AHU naar de rekenzone, voor zover die aan een ruimte grenzen buiten een thermische zone voor rekenzone zi in maand mi , in K, bepaald volgens 11.3.2.8.

OPMERKING De temperatuur van de lucht volumestroom die in rekenzone zi in maand mi wordt afgezogen, is gelijkgesteld aan de rekentemperatuur van de binnenlucht in de rekenzone.

11.4 Ventilatoren

11.4.1 Principe

Het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie van lucht in het gebouw wordt bepaald door de draaitijd en het effectieve vermogen. Het effectieve vermogen wordt per ventilator herleid uit het gespecificeerde vermogen, gecorrigeerd voor de regeling. De basis voor de correctie is een naar inschakeltijden gewogen kwadratische middeling van de volumestromen die bij de toegepaste regeling optreden. De kwadratische relatie ontstaat omdat het elektrisch vermogen van een ventilator evenredig is met de volumestroom tot de derde macht gedeeld door het rendement, dat globaal evenredig afneemt met de volumestroom.

OPMERKING Het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie wordt in beginsel voor iedere rekenzone per maand bepaald voor zowel warmtebehoefte als koudebehoefte afzonderlijk, ook al zijn in deze norm de bijbehorende indexen H respectievelijk C weggelaten. Dit kan gewenst zijn om het energiegebruik van ventilatoren en de interne warmtelast van afzonderlijke rekenzones voldoende nauwkeurig te bepalen. Als vereenvoudigde benadering kan bij beperkte variatie van het regelgedrag per maand worden uitgegaan van een jaarberekening met representatieve ventilatorstanden voor zowel warmte- als koudebehoefte, waarna een met de maandduur evenredig deel wordt aangehouden als maandelijks elektrische-energiegebruik van de ventilatoren.

11.4.2 Elektrische-energiegebruik

11.4.2.1 Elektrische-energiegebruik in een gebouw

Bepaal het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie van de thermische zone per maand mi , als de som van de elektrische-energiegebruiken van de verschillende rekenzones zi in het gebouw met:

$$E_{V;el;mi} = \sum_{zi} E_{V;el;zi,mi} \quad (11.131)$$

waarin:

$E_{V;el;mi}$ is het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in de thermische zone in maand mi , in kWh;

$E_{V;el;zi,mi}$ is het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in rekenzone zi , in maand mi , in kWh, bepaald volgens 11.4.3.2.2.

11.4.2.2 Elektrische-energiegebruik per rekenzone

Bepaal het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in een rekenzone zi , per maand mi volgens:

$$E_{V;el;zi,mi} = \left(\frac{P_{eff;zi,mi} \times t_{mi}}{f_{prc;vent}} \right) / 1\,000 \quad (11.132)$$

waarin:

$E_{V;el;zi,mi}$ is het elektrische-energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie in rekenzone zi , in maand mi , in kWh;

$P_{\text{eff};zi;mi}$	is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in rekenzone zi , in maand mi , in W, bepaald volgens 11.4.3.2 op basis van werkelijk opgestelde vermogens of volgens 11.4.3.3 op basis van de forfaitaire methode;
t_{mi}	is de rekenwaarde voor de lengte van de beschouwde maand mi , in h, bepaald volgens tabel 17.1;
$f_{\text{prac};\text{vent}}$	is de praktijkprestatiefactor voor ventilatoren; $f_{\text{prac};\text{vent}} = 0,9$.

11.4.3 Effectief ventilatorvermogen

11.4.3.1 Principe

Het effectieve elektrisch ventilatorvermogen wordt bepaald op basis van de optelling van de werkelijk opgestelde ventilatorvermogens, waarbij een weging voor de regeling wordt toegepast. Als alternatief kan het effectieve ventilatorvermogen forfaitair worden bepaald aan de hand van de ventilatiecapaciteit, het specifieke ventilatorvermogen en de correctiefactor voor de bezettingstijd.

11.4.3.2 Effectief ventilatorvermogen op basis van werkelijk opgesteld vermogen

11.4.3.2.1 Effectief ventilatorvermogen per rekenzone op basis van werkelijk opgesteld vermogen

Bepaal het effectieve ventilatorvermogen voor de thermische zone per maand mi volgens:

$$P_{\text{eff};mi} = \sum_i (P_{\text{nom};el;i} \times f_{\text{regfan};i;mi}) \times f_{\text{gebouw};si;v} \quad (11.133)$$

waarin:

$P_{\text{eff};mi}$	is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in de thermische zone, in maand mi , in W;
$P_{\text{nom};el;i}$	is het nominale elektrisch vermogen van ventilator i , in W, bepaald volgens 11.4.3.2.3;
$f_{\text{regfan};i;mi}$	is de dimensieloze reductiefactor voor de lucht volumestroomregeling voor het omrekenen van het nominale vermogen naar het gemiddeld vermogen voor ventilator i , in maand mi , bepaald volgens 11.4.3.2.4.

$f_{\text{gebouw};si;v}$ is de dimensieloze verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie ventilatoren wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel, dat geheel of gedeeltelijk is aangesloten op het collectieve gebouwsysteem si voor de functie ventilatoren. Voor het bepalen van de energieprestatie van een gedeelte van een gebouw dat is aangesloten op een collectieve gebouwinstallatie voor de functie ventilatoren si van het gebouw als geheel, geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;v} = \frac{A_{g;si;V}}{A_{g;\text{gebouw};V}}$$

In alle andere gevallen geldt:

$$f_{\text{gebouw};si;V} = 1$$

waarin:

$f_{\text{gebouw};si;V}$ is de verhouding tussen de gebruiksoppervlakte van het gebouwdeel waarvoor de energieprestatie voor de functie ventilatoren wordt bepaald en de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel, aangesloten op de gemeenschappelijke installatie si voor de functie ventilatoren;

$A_{g;si;V}$ is de gebruiksoppervlakte van het bouwdeel waarvoor de energieprestatie wordt bepaald en is aangesloten op een gemeenschappelijke installatie voor de functie ventilatoren, in m²;

$A_{g;\text{gebouw};V}$ is de gebruiksoppervlakte van het gebouw als geheel dat is aangesloten op de collectieve gebouwinstallatie voor de functie ventilatoren si , bepaald volgens 6.6.7, in m².

11.4.3.2.2 Effectief ventilatorvermogen per rekenzone op basis van werkelijk vermogen

Bepaal het effectieve ventilatorvermogen voor iedere rekenzone zi , per maand mi volgens:

$$P_{\text{eff};zi,mi} = P_{\text{eff};mi} \times \frac{q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi}}{\sum_{zi} q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi}} \quad (11.134)$$

waarin:

$P_{\text{eff};zi,mi}$ is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in rekenzone zi , in maand mi , in W;

$P_{\text{eff};mi}$ is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in de thermische zone, in maand mi , in W, bepaald volgens 11.4.3.2.1;

$q_{V;\text{ODA};\text{req};zi,mi}$ is de benodigde lucht volumestroom van buiten voor rekenzone zi voor maand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.2.2.1.

11.4.3.2.3 Nominaal elektrisch vermogen

11.4.3.2.3.1 Inleiding

Ontleen het nominaal elektrisch vermogen van de ventilator(en) bestemd voor ventilatie en circulatie van lucht in rekenzones, $P_{\text{nom};\text{el};i}$, aan ventilatiesysteemontwerpberekeningen, aan meetwaarden of aan de op typeplaatjes vermelde nominale vermogens of elektrische vermogens. Indien alleen het elektrische vermogen is vermeld, kan het elektrische vermogen hieruit worden bepaald volgens 11.4.3.2.3.2.

OPMERKING 1 Niet-gebouwgebonden ventilatievoorzieningen, zoals een bij een kooktoestel aanwezige voorziening om uitsluitend de tijdens het koken vrijkomende dampen af te zuigen, behoren bij de bepaling van de energieprestatie te worden genegeerd.

OPMERKING 2 Voor ventilatoren van installaties in de categorie woningbouw wordt op de typeplaatjes het nominaal elektrisch vermogen, $P_{\text{nom};\text{el}}$, vermeld; op grotere ventilatoren van luchtbehandelingskasten bij utiliteitsbouw is veelal het elektrische vermogen, P_{as} , vermeld.

11.4.3.2.3.2 Nominaal vermogen elektromotor (P)

Bepaal het nominale vermogen, $P_{\text{nom;el}}$, aan de hand van het elektrische vermogen volgens:

$$P_{\text{nom;el}} = 0,8 \times \frac{P_{\text{as}}}{\eta_{\text{elm}}} \quad (11.135)$$

waarin:

P_{as} is het elektrisch vermogen van de elektromotor, zoals vermeld op de elektromotor, in W;

η_{elm} is het dimensieloze rendement van de beschouwde elektromotor, bepaald volgens 11.4.3.2.3.3.

OPMERKING De factor 0,8 is een reductiefactor voor overdimensionering van de elektromotor.

11.4.3.2.3.3 Rendement elektromotor (η)

Bepaal het rendement van de elektromotor, η_{elm} , volgens tabel 11.20, tenzij het werkelijke rendement van de te installeren elektromotor hoger is. Bepaal het werkelijke rendement van de elektromotor volgens:

$$\eta_{\text{elm}} = \frac{P_{\text{as}}}{U_{\text{elm}} \times I \times e} \quad (11.136)$$

waarin:

P_{as} is het elektrische vermogen van de elektromotor, zoals vermeld op de elektromotor, in W;

U_{elm} is de elektrische spanning, in V;

I is de elektrische stroom, in A;

e is een factor afhankelijk van het type elektromotor, waarvoor geldt:

— gelijkstroommotor: $e = 1$;

— eenfasewisselstroommotor: $e = \cos \varphi$;

— draaistroommotor: $e = \sqrt{3} \times \cos \varphi$ waarin $\cos \varphi$ de arbeidsfactor is voor wisselstroommotoren.

De spanning, stroom en arbeidsfactor zijn de waarden behorende bij het maximaal toegekende vermogen gedurende continubedrijf. Het aldus bepaalde rendement moet naar beneden worden afgerond op een veelvoud van 0,025.

Tabel 11.20 — Rendement van elektromotoren η_{elm}

Elektrisch vermogen (P_{as})	Fabricagejaar (J)	
	Onbekend of $J < 2005$	$J \geq 2005$
	η_{elm}	
$P_{\text{as}} < 1$	0,65	0,70
$1 \leq P_{\text{as}} < 2$	0,70	0,75
$2 \leq P_{\text{as}} < 4$	0,75	0,80
$4 \leq P_{\text{as}} < 10$	0,80	0,85
$10 \leq P_{\text{as}} < 30$	0,85	0,875
$30 \leq P_{\text{as}} < 60$	0,875	0,90
$60 \leq P_{\text{as}} < 120$	0,90	0,925
$P_{\text{as}} \geq 120$	0,925	0,95
OPMERKING Het rendement van de elektromotor (η_{elm}) kan in geen geval groter zijn dan 1.		

11.4.3.2.4 Reductiefactor luchtvolumestroomregeling

Bepaal de dimensieloze reductiefactor voor de luchtvolumestroomregeling voor het omrekenen van het nominale naar het gemiddelde vermogen van ventilator i , per maand mi volgens:

$$f_{\text{regfan};i,mi} = \sum_1^k (f_{q;k,mi}^2 \times t_{d;k,mi}) \times f_{\text{ctrl};zi,mi} \quad (11.137)$$

waarin:

$f_{\text{regfan};i,mi}$ is de dimensieloze reductiefactor voor de luchtvolumestroomregeling voor het omrekenen van het nominale vermogen naar het gemiddeld vermogen voor ventilator i , in maand mi ;

$f_{q;k,mi}$ is de dimensieloze factor voor de verhouding tussen de ventilatiecapaciteit in stand k en de nominale ventilatiecapaciteit in maand mi , volgend uit een kwaliteitsverklaring voor de betreffende regeling of voor de categorie woningbouw bepaald volgens tabel 11.21;

$t_{d;k,mi}$ is de dimensieloze tijdfractie dat de ventilator in maand mi in stand k staat, volgend uit een kwaliteitsverklaring voor de betreffende regeling of voor de categorie woningbouw bepaald volgens tabel 11.21;

$f_{\text{ctrl};zi,mi}$ is de correctiefactor voor het regelsysteem in de rekenzone zi die ventilator i bedient in maand mi , bepaald volgens 11.2.2.3.1.

OPMERKING Het verband tussen rendement en ventilatiedebiet kan worden benaderd door een kwadratische functie. Formule (11.137) kan ook worden geschreven als (onder weglating van maand mi):

$$f_{\text{regfan},i} = \frac{\left(\frac{q_{V;1}}{q_{V;\text{nom}}}\right)^2 \times t_1 + \left(\frac{q_{V;2}}{q_{V;\text{nom}}}\right)^2 \times t_2 + \dots + \left(\frac{q_{V;k}}{q_{V;\text{nom}}}\right)^2 \times t_k}{\sum_k t_k} \quad (11.138)$$

$$f_{\text{regfan},i} = \frac{\left(\frac{q_{V;1}}{q_{V;\text{nom}}}\right)^2 \times t_1 + \left(\frac{q_{V;2}}{q_{V;\text{nom}}}\right)^2 \times t_2 + \dots + \left(\frac{q_{V;k}}{q_{V;\text{nom}}}\right)^2 \times t_k}{\sum_k t_k} \times f_{\text{ctrl},zi,mi} \quad (11.138)$$

Gewijzigde veldcode

Tabel 11.21 — Rekenwaarden voor $f_{q;k}$ en $t_{d;k}$ voor woningen

Regelstanden (k)	$f_{q;k}$	$t_{d;k}$
3	1,0	0,10
2	0,6	0,60
1	0,4	0,30

Indien geen nadere gegevens van het vermogen van de ventilatoren bekend zijn, moet voor gebouwen met een andere gebruiksfunctie dan een woonfunctie (categorie utiliteitsbouw) of voor woongebouwen met een collectieve ventilatievoorziening een indicatieve waarde voor f_{regfan} worden gebruikt door de waarden voor $f_{\text{regfan},\text{aan}}$, ontleend aan tabel 11.22, te vermenigvuldigen met de dimensieloze correctiefactor voor de bezettingstijd f_{τ} , bepaald volgens tabel 11.8 (dus: $f_{\text{regfan}} = f_{\text{regfan},\text{aan}} \times f_{\tau}$). Deze waarden kunnen voor elke maand van het jaar worden gebruikt.

Tabel 11.22 — Rekenwaarden voor f_{regfan} afhankelijk van $f_{\text{terugregel;debietregeling}}$ voor installaties met debietregeling

	$f_{\text{terugregel;debietregeling}}$			
	$0,8 < f_{\text{terugregel;debietregeling}} \leq 1,0$	$0,6 < f_{\text{terugregel;debietregeling}} \leq 0,8$	$0,4 < f_{\text{terugregel;debietregeling}} \leq 0,6$	$f_{\text{terugregel;debietregeling}} \leq 0,4$
	$f_{\text{regfan;aan}}$			
Smoorregeling (kleppen)	1,0	0,95	0,9	0,85
Inlaatklepverstelling of waaierschoepverstelling	1,0	0,75	0,65	0,6
Toerenregeling	1,0	0,65	0,45	0,35
Alle andere gevallen	1,0	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.

11.4.3.3 Effectief ventilatorvermogen forfaitair

Bepaal het forfaitaire effectieve ventilatorvermogen voor iedere rekenzone zi voor ventilatiesysteem E.1 volgens: Bepaal het forfaitaire effectieve ventilatorvermogen voor iedere rekenzone zi volgens:

$$P_{\text{eff;for;zi,mi}} = P_{\text{eff;for;BAL_DEC;zi,mi}} + P_{\text{eff;for;overig;zi,mi}} \quad (11.139)$$

Gewijzigde veldcode

$$P_{\text{eff;for;zi,mi}} = f_{\text{SFP;zi}} \times f_{\text{systype;zi}} \times (q_{V,\text{ODA;req;zi,mi}} \times c) \quad (11.139)$$

Waarbij:

$$P_{\text{eff;for;BAL_DEC;zi,mi}} = f_{\text{SFP;zi}} \times f_{\text{systype;zi}} \times (q_{V,\text{ODA;req;zi,mi}} \times c \times f_{\text{BAL_DEC}}) \quad (11.140)$$

Gewijzigde veldcode

$$P_{\text{eff;for;overig;zi,mi}} = f_{\text{SFP;zi}} \times f_{\text{systype;zi}} \times (q_{V,\text{ODA;req;zi,mi}} \times c \times f_{\text{overig}}) \quad (11.141)$$

Gewijzigde veldcode

Bepaal het forfaitaire effectieve ventilatorvermogen voor iedere rekenzone zi voor alle andere ventilatiesysteem volgens:

$$P_{\text{eff;for;zi,mi}} = f_{\text{SFP;zi}} \times f_{\text{systype;zi}} \times (q_{V,\text{ODA;req;zi,mi}} \times c) \quad (11.142)$$

Gewijzigde veldcode

waarin:

$P_{\text{eff;for;zi,mi}}$ is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) in rekenzone zi , in maand mi , in W, volgens de forfaitaire methode;

$P_{\text{eff;for;DEC BAL};zi,mi}$ is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) van het deel met decentrale mechanische toe- en afvoer in rekenzone zi , in maand mi , in W, volgens de forfaitaire methode, bepaald volgens formule (11.140);

$P_{\text{eff;for;overig};zi,mi}$ is het effectieve elektrisch vermogen van de ventilator(en) van het deel met het ventilatiesysteem dat naast de decentrale mechanische toe- en afvoer wordt toegepast in rekenzone zi , in maand mi , in W, volgens de forfaitaire methode, bepaald volgens formule (11.141);

$f_{\text{SFP};zi}$ is het specifieke ventilatorvermogen (SFP) van de geïnstalleerde of de te installeren ventilatiecapaciteit in rekenzone zi , in W/(m³/h), bepaald volgens tabel 11.23;

$f_{\text{systype};zi}$ is de dimensieloze factor voor het type ventilatiesysteem in rekenzone zi , waarvoor geldt:

- $f_{\text{systype}} = 0$ voor ventilatiesysteemtype A;
- $f_{\text{systype}} = 1$ voor ventilatiesysteemtype B en C;
- ~~$f_{\text{systype}} = 1,5$ voor ventilatiesysteemtype E1;~~
- $f_{\text{systype}} = 2$ voor ventilatiesysteemtype D;

$q_{V;ODA;req;zi,mi}$ is de benodigde lucht volumestroom van buiten voor rekenzone zi voor maand mi , in m³/h, bepaald volgens 11.2.2.1;

c is de correctiefactor voor de tijdgemiddelde lucht volumestroom; de waarde van deze correctiefactor is 1,0.

$f_{\text{BAL-DEC}}$ is het deel van de rekenzone met decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing, bepaald volgens 11.2.2.2.5;

f_{overig} is het deel van de rekenzone met een ventilatiesysteem anders dan decentrale mechanische toe- en afvoer met WTW en CO₂-sturing, bepaald volgens 11.2.2.2.5;

Tabel 11.23 — Het specifieke ventilatorvermogen als functie van fabricagejaar en $q_{V;ODA;req;zi,mi}$

Fabricagejaar j	f_{SFP} W/(m ³ /h)	f_{SFP} W/(m ³ /h)
	Wisselstroomventilatoren	Gelijkstroomventilatoren
$y \leq 1980$ of onbekend	4,00 / 3,6	2,20 / 3,6
$1980 < j \leq 1985$	2,80 / 3,6	1,50 / 3,6
$1985 < j \leq 1990$	2,40 / 3,6	1,30 / 3,6
$1990 < j \leq 1998$	2,00 / 3,6	1,10 / 3,6
$1998 < j \leq 2006$	1,60 / 3,6	0,90 / 3,6
$y > 2006$	–	0,45 / 3,6