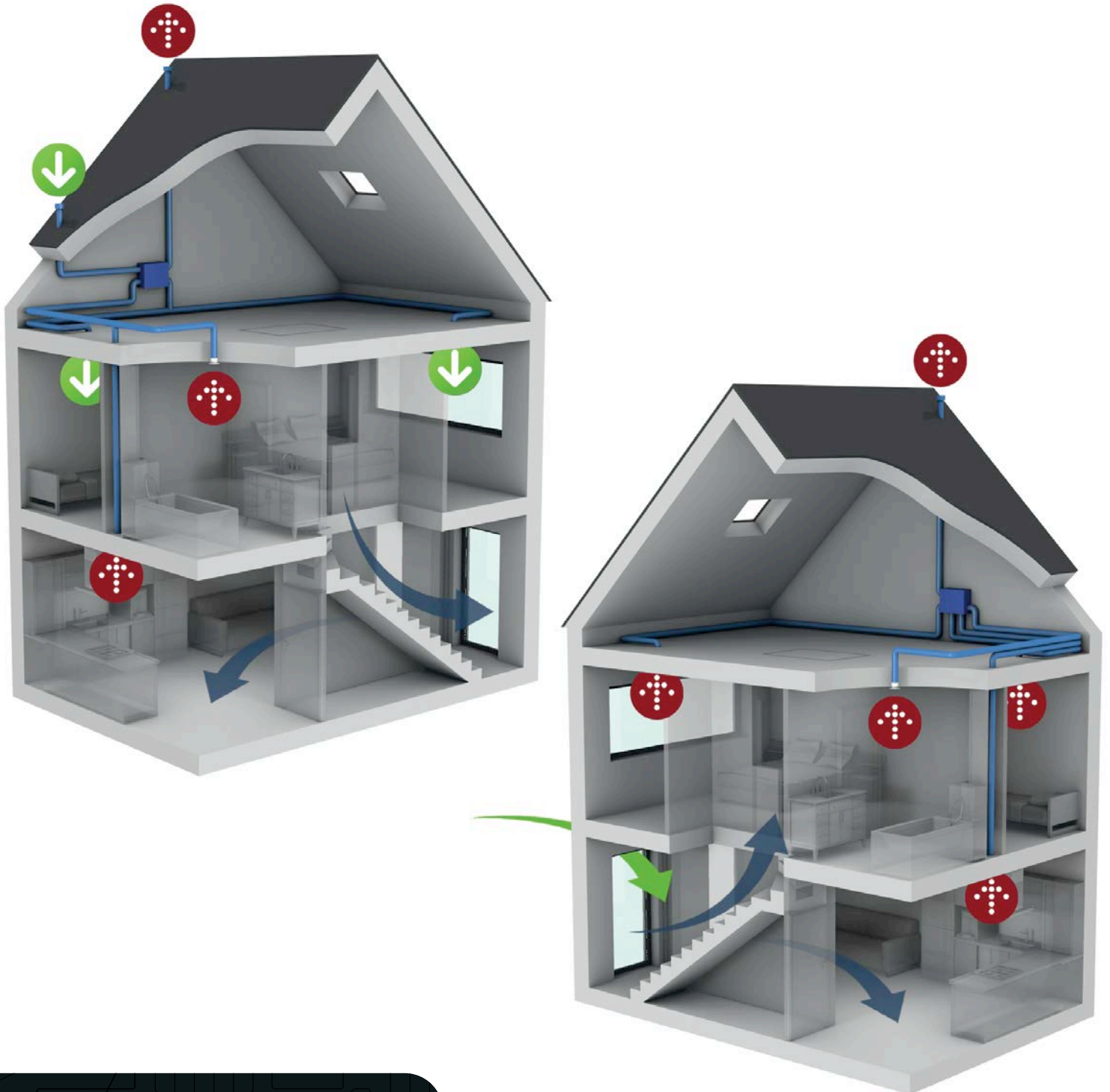


Innovatieve ventilatiesystemen voor woningen in een renovatiecontext



Innovatieve ventilatiesystemen voor woningen in een renovatiecontext

De voorliggende publicatie werd opgesteld door Buildwise in het kader van het project Living Labs Brussels Retrofit en de projecten Living Lab Prio-Climat en Modul'air, met de financiële steun van Innoviris, het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en EFRO, het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling.

Auteurs: Samuel Caillou, Sébastien Pecceu en Romy Van Gaever

Hebben eveneens hun medewerking verleend aan de opstelling van dit document: Gilles Pottel (Anderlechtse Haard NV), Yves Grégoire, Laurent Lassoie en Yves Martin (Buildwise)

Partners van het project Prio-Climat: Anderlechtse Haard NV, Vrije Universiteit Brussel (VUB), Buildwise, Régie des Quartiers d'Anderlecht ASBL en VELUX Belgium NV

Partners van het project Modul'air: Alliantie van de Brusselse Coöperatieven (ABC) en Buildwise



Inhoud

1	INLEIDING	7
1.1	Toepassingsgebied	7
1.2	De uitdaging van ventilatie in een renovatiecontext	7
1.3	Methodologie en criteria	7
1.4	Reglementaire context	9
1.5	Inhoud	10
1.6	Symbolen	11
2	ONTWERP EN KEUZE VAN HET RENOVATIECONCEPT	13
2.1	Overzicht van het ontwerp	13
2.2	Ruimten en debieten	13
2.3	Keuze van het ventilatieconcept	17
2.4	Regeling	19
2.5	Doorstroomopeningen	19
2.6	Natuurlijke toevoeropeningen	20
2.7	Brandveiligheid	21
2.8	Eventuele aanwezigheid van open verbrandingstoestellen	22
2.9	Detailontwerp	22
3	TECHNISCHE FICHES PER SYSTEEM	23
3.1	D cascade	23
3.2	C hal centraal	30
3.3	C hal 1 zone slaapkamers	36
3.4	C hal decentraal	40
3.5	C hal doorstroom	43
3.6	C zonaal met gemotoriseerde RTO	46
3.7	C cascade	50
3.8	C cascade met mechanische doorstromen	55
3.9	D klassiek	57
3.10	C klassiek	57
3.11	C bijkomende afvoeren in de slaapkamers	57
3.12	D decentraal	58
3.13	Automatische vensters	60

4 TOEPASSINGSVOORBEELDEN	63
4.1 Inleiding	63
4.2 D cascade of C hal in een middelgrote woning	64
4.3 D cascade in een woning met meerdere slaapkamers	67
4.4 C hal in een woning met talrijke dienstruimten	69
4.5 C zonaal in een klein appartement met een gesloten keuken	71
4.6 C cascade in een appartement met meerdere slaapkamers	74
BIJLAGE A – PRINCIPES EN ONTWERP VAN DE REGELING	77
A.1 Algemeenheden	77
A.2 Type controle	77
A.3 Type regeling	78
A.4 Grenswaarden en minimale debieten	78
BIJLAGE B – VOORLOPIG SYSTEEM C VOOR GEFASEERDE RENOVATIES	81
B.1 Toepassingsgebied	81
B.2 Principe	81
B.3 Belangrijkste voordelen	81
B.4 Beperkingen	82
B.5 Technische oplossing	82
B.6 Regeling	82
LITERATUURLIJST	83

1 Inleiding

1.1 Toepassingsgebied

Deze Innovation Paper gaat over de **basisventilatie** van individuele woningen en collectieve woongebouwen (uitgerust met individuele ventilatiesystemen of met een gemeenschappelijk centraal ventilatiesysteem voor meerdere woningen) in een renovatiecontext. De basisventilatie laat toe om een toereikende **binnenluchtkwaliteit** te verzekeren voor de bewoning en de activiteiten van de personen die zich in de woning ophouden. De innovatieve ventilatiesystemen die besproken worden in dit document zijn van toepassing op de specifieke context van de renovatie van bestaande woningen wanneer de reglementaire eisen dit toelaten (zie § 1.4, p. 9).

1.2 De uitdaging van ventilatie in een renovatiecontext

In België bestaat het woningenpark uit een groot aantal te renoveren woningen. Door een **renovatie** kunnen deze woningen aangepast worden aan de huidige en toekomstige behoeften van hun bewoners en aan de uitdagingen van de **energietransitie**. Naast de **energetische prestaties** van een woning is ook de binnenluchtkwaliteit een belangrijke parameter voor onze **gezondheid** en ons comfort. Een geschikt ventilatiesysteem laat toe om een goede binnenluchtkwaliteit te waarborgen. Vermits de meeste bestaande en te renoveren woningen niet over een aangepast ventilatiesysteem beschikken of er helemaal niet mee uitgerust zijn, is de binnenluchtkwaliteit er vaak ontoereikend, met alle **vocht- en/of gezondheidsproblemen** van dien.

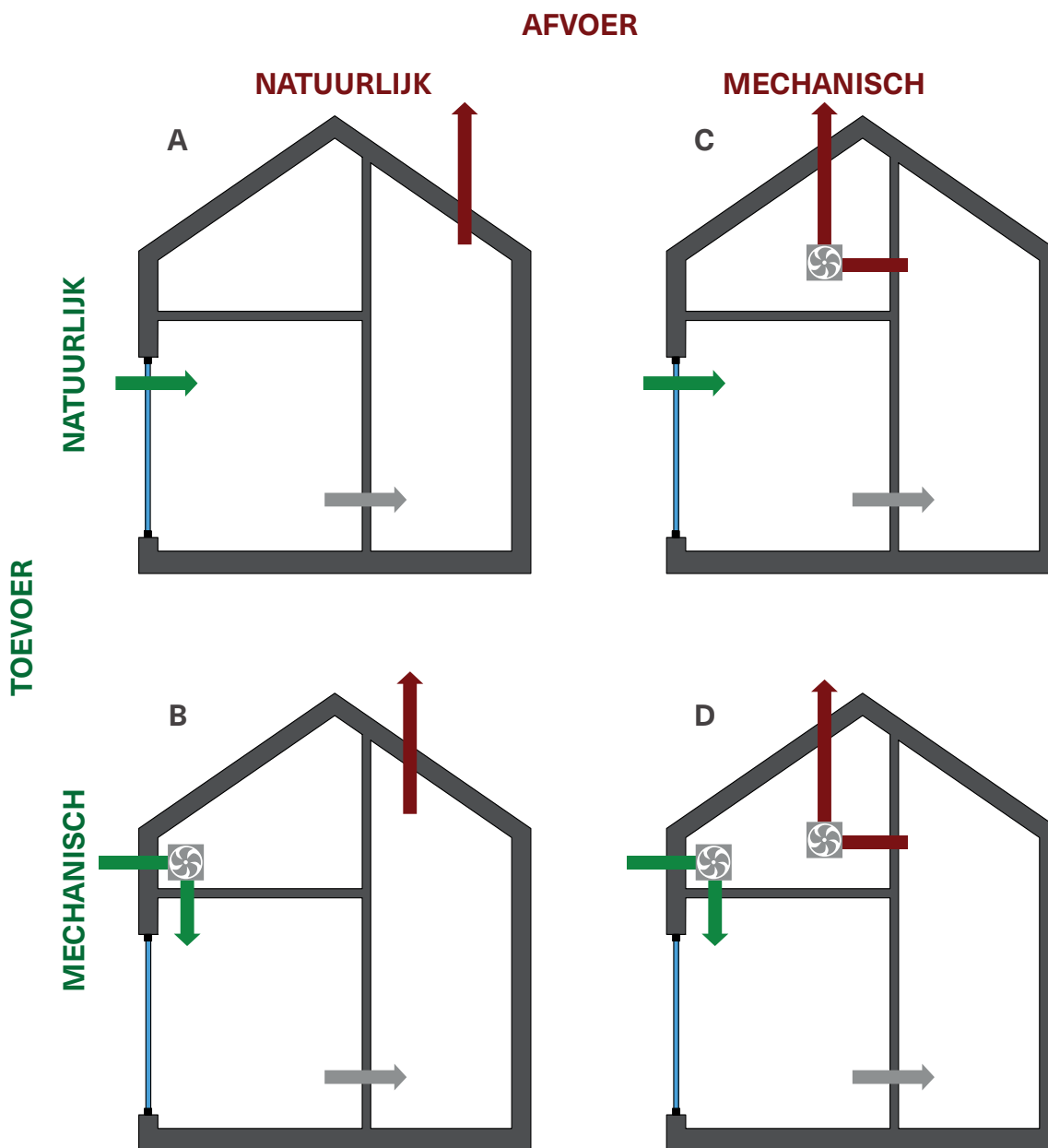
De ventilatie van woningen valt onder de norm **NBN D 50-001** [B4] (waarnaar verwezen wordt in de gewestelijke EPB-regelgeving) en maakt tevens het onderwerp uit van de [TV 258](#) [B3]. In deze norm worden de vier klassieke ventilatiesystemen A, B, C en D gedefinieerd (zie afbeelding 1, p. 8). Bij de renovatie van een woning is het niet altijd eenvoudig om een ventilatiesysteem te installeren dat in overeenstemming is met de huidige Belgische ventilatienorm NBN D 50-001. Zo is er vaak onvoldoende ruimte voor de ventilatiekanalen en de ventilatiegroep in het geval van een mechanisch ventilatiesysteem (bv. van het type C en vooral van het type D) of is de plaatsing van **natuurlijke toevoeropeningen** niet mogelijk omdat de vensters niet vervangen worden (bv. systeem C). Ook de kostprijs van het systeem is een bepalende factor, aangezien er meestal voorrang gegeven wordt aan andere posten zoals het isoleren van de woning of de vervanging van het verwarmingssysteem.

Dankzij de projecten **Prio-Climat** en **Modul'air** was het mogelijk om een aantal innovatieve en performante ventilatieconcepten te identificeren die moeten toelaten om de implementatie van een ventilatiesysteem bij renovaties te vergemakkelijken en zodoende de binnenluchtkwaliteit in de woningen te verbeteren.

Via dit document wil Buildwise verschillende van deze **ventilatieconcepten** aan u voorstellen. Tabel 2 (p. 18) laat toe om een eerste selectie van de mogelijke ventilatieconcepten te maken in functie van het type renovatie. Vervolgens kunt u de overeenkomstige **technische fiche(s)** raadplegen om een definitieve keuze te maken.

1.3 Methodologie en criteria

De in dit document voorgestelde innovatieve ventilatiesystemen werden geselecteerd uit een groot aantal alternatieve concepten (al dan niet conform de norm NBN D 50-001 [B4]). Ze hebben als oogmerk om de



Afb. 1 Klassieke ventilatiesystemen die besproken worden in de norm NBN D 50-001 [B4].

installatie van een ventilatiesysteem in een renovatiecontext te vereenvoudigen zonder de doeltreffendheid ervan in termen van luchtkwaliteit, energieprestaties en bewonerscomfort te verminderen. De weerhouden concepten beantwoorden onder meer aan de hierna vermelde criteria.

Luchtkwaliteit

De systemen die uitgevoerd worden volgens de voorschriften uit het voorliggende document bieden een goede luchtkwaliteit.

In het algemeen kan de werking van bepaalde ventilatiesystemen (zelfs wanneer ze in overeenstemming zijn met de norm NBN D 50-001) verstoord worden door externe factoren zoals een gebrekkige luchtdichtheid van de gebouwschil (uitgedrukt in h^{-1} door de indicator $n_{50}^{(1)}$), drukverschillen ten gevolge van de wind of een temperatuurverschil tussen de binnen- en de buitenomgeving.

⁽¹⁾ Voor meer informatie over n_{50} zie [TV.255](#) [B2].

De debieten van bepaalde in deze Innovation Paper voorgestelde systemen worden geleverd onafhankelijk van deze externe factoren. Voor een aantal andere zal het met behulp van de bijkomende uitvoeringsvoorwaarden die beschreven worden in hoofdstuk 3 (p. 23) mogelijk zijn om de invloed van deze factoren te verminderen.

Installatiegemak

De systemen werden ook gekozen omwille van hun installatiegemak: beperking van het aantal mechanische ventilatiekanalen, met name naar de ruimten die verder verwijderd zijn van de ventilatiegroep, in voorkomend geval vermindering van het aantal componenten, mogelijke alternatieven voor de natuurlijke toevoeropeningen indien de vensters niet vervangen worden, beperking van het aantal interventies binnenin de woning ...

Energieprestaties

De voorgestelde systemen werden vervolgens geoptimaliseerd om hun energieprestaties te maximaliseren en – indien ze over sensoren beschikten – om het aantal ervan te verminderen. Zo vertonen een aantal systemen van nature uit een lager ontwerpdebiet dan sommige andere en is vraaggestuurde ventilatie gemakkelijker toe te passen bij bepaalde systemen (dit is overigens soms essentieel om een toereikende energieprestatie te bereiken in verschillende van de voorgestelde concepten). Ten slotte is het bij enkele van de weerhouden systemen tevens mogelijk om warmteterugwinning toe te passen.

Vraaggestuurde ventilatie is een regelprincipe dat erop gericht is om de ventilatiedebieten aan te passen aan de behoeften. Het is gebaseerd op het gebruik van aanwezigheidsdetectie-, CO₂- of RV-sensoren (relatieve vochtigheid), of nog, op het gebruik van een geprogrammeerde klokfunctie (voor meer details hieromtrent verwijzen we naar Bijlage A, p. 77).

Warmteterugwinning is een principe dat toegepast kan worden bij balansventilatiesystemen van het type D en de varianten ervan. Het bestaat erin om de toevoerlucht voor te verwarmen door warmte terug te winnen uit de afvoerlucht met behulp van een warmtewisselaar.

Comfort en aanvaarding door de bewoners

De systemen werden eveneens onderzocht vanuit het oogpunt van het comfort. Sommige systemen bieden bijvoorbeeld een beter akoestisch comfort omdat het niveau van het buitengeluid dat waargenomen wordt in de slaapkamers veel lager ligt. Andere systemen bieden dan weer een beter thermisch comfort omdat er in bepaalde ruimten zoals de woonkamer of de slaapkamers minder tocht waargenomen wordt.

De interactie met de bewoners is een ander belangrijk aandachtspunt. In het algemeen worden weinig opvallende systemen beter aanvaard. Automatische systemen, waarbij het gedrag van de gebruikers geen invloed heeft op de werking, zijn over het algemeen doeltreffender.

1.4 Reglementaire context

Een aantal van de in dit document weerhouden systemen zijn niet in overeenstemming met de huidige norm NBN D 50-001. Ze voldoen echter wel allemaal aan de hiervoor gedetailleerde prestatiecriteria, zelfs indien ze strikt genomen niet beantwoorden aan de norm NBN D 50-001 [B4] (zie § 1.3, p. 7).

In de drie Gewesten van ons land zijn de ventilatie-eisen voor renovaties afhankelijk van het type en de omvang van de werkzaamheden. In bepaalde gevallen zijn ze vergelijkbaar met de eisen die gesteld worden voor nieuwe gebouwen. Hoewel kleinschalige renovatiewerken in principe aan geen enkele eis moeten voldoen, blijft de norm NBN D 50-001 wel de referentie voor de goede praktijk.

De ventilatieconcepten uit dit document die niet in overeenstemming zijn met de norm NBN D 50-001 kunnen toegepast worden in de context van een kleinschalige renovatie voor zover ze niet in tegenspraak zijn met de van kracht zijnde reglementaire eisen.

Het spreekt voor zich dat men hierbij rekening moet houden met de reglementaire eisen van het Gewest waarin het gebouw zich bevindt. In bepaalde situaties kan er hiervan afgeweken worden.

- **Vlaanderen:** <https://www.vlaanderen.be/epb-eisen>
- **Wallonië:** <https://energie.wallonie.be/>
- **Brussels Hoofdstedelijk Gewest:** <https://leefmilieu.brussels/burgers/wetgeving/wet-teksten/regelgeving-betreffende-de-energieprestatie-van-gebouwen-epb>.

1.5 Inhoud

In dit document worden een aantal innovatieve ventilatiesystemen voorgesteld die aangepast zijn aan een renovatiecontext.

In hoofdstuk 2 worden de **algemene ontwerpprincipes** voor ventilatie uit de doeken gedaan en wordt er ingegaan op enkele specificiteiten die verband houden met de renovatiecontext en de in dit document voorgestelde systemen.

Hoofdstuk 3 is opgebouwd uit **technische fiches** waarin de weerhouden systemen in detail beschreven worden. Dit hoofdstuk kan geraadpleegd worden in functie van de behoeften en het systeem dat in het renovatieproject in kwestie gekozen werd.

In elke fiche zijn de volgende elementen opgenomen:

- het **werkingsprincipe** van het systeem, geïllustreerd door een aantal schema's
- de **belangrijkste voordelen** van het systeem in een renovatiecontext en in vergelijking met de andere weerhouden systemen
- de **beperkingen die eigen zijn** aan het systeem en waarmee men rekening dient te houden bij de keuze en het ontwerp: gebruiksgrenzen naargelang van de luchtdichtheid van de gebouwschil, beperkingen ten gevolge van de benodigde ruimte, aandachtspunten op het vlak van akoestiek ...
- **technische oplossingen** ter illustratie van de concrete systeemcomponenten
- de voor het systeem **relevante regelingen**.

Op basis van deze elementen zal het mogelijk worden te bepalen welk systeem het best geschikt is voor een welbepaald renovatieproject.

Hoofdstuk 4 beschrijft enkele **concrete voorbeelden** van typewoningen en de meest geschikte systemen voor de ventilatie ervan.

Bijlage A beschrijft de **basisprincipes voor de regeling** van de voorgestelde systemen. Het gaat hier om principes die gelden voor alle regelingen en voor alle systemen, zoals de meest geschikte sensoren in functie van de ruimten, de aanbevolen grenswaarden, de minimale debieten naargelang van het type regeling ... Deze informatie is nodig om het detailontwerp van de regeling van een systeem te kunnen opstellen en om deze regeling verder te kunnen parametriseren bij de indienststelling.

In Bijlage B wordt een **voorlopig systeem C** beschreven dat niet aan de vastgestelde criteria voldoet (zie § 1.3, p. 7). Dit concept kan echter wel als basis dienen in een eerste renovatiefase om vervolgens omgevormd te worden tot één van de systemen die voorgesteld worden in hoofdstuk 3 (p. 23) en wel aan de criteria beantwoorden.

1.6 Symbolen

In afbeelding 2 zijn de symbolen weergegeven die gebruikt worden in de schema's van deze Innovation Paper en dit, samen met hun betekenis.

	Centrale ventilatiegroep met toevoer en afvoer van het type D (balansventilatie)
	Centrale afvoergroep van het type C
	Decentrale afvoerventilator van het type C
	Mechanische toevoer aangesloten op een centrale groep met toevoer en afvoer van het type D (balansventilatie)
	Mechanische afvoer aangesloten op een centrale ventilatiegroep van het type C of D
	Natuurlijke toevoer voor een systeem van het type C
	Doorstroomopening tussen twee binnenruimten
	Doorstroomventilator tussen twee binnenruimten
	Gemotoriseerde natuurlijke toevoer voor een systeem van het type C zonaal met gemotoriseerde RTO

Afb. 2 Betekenis van de symbolen die gebruikt worden in de 2D-schema's.

2 Ontwerp en keuze van het renovatieconcept

2.1 Overzicht van het ontwerp

Om het ontwerp in een renovatiecontext te vereenvoudigen, stellen wij in dit document een aantal beknopte **regels** voor die aangepast zijn aan de weerhouden innovatieve ventilatieconcepten.

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van het **ontwerp** en van de keuze van het ventilatiesysteem bij renovaties.

2.2 Ruimten en debieten

2.2.1 Ruimten en functies

De eerste fase van het ontwerp bestaat erin om alle **ruimten** van de te renoveren woning te identificeren en om er een functie aan toe te kennen naargelang van hun aard: leefruimte of dienstruimte.

Leefruimten zijn voorzien voor een doorgaans langdurige menselijke bezetting. Het gaat hier om ruimten zoals slaapkamers, woonkamers, bureaus of speelkamers. Bij het ontwerp van de ventilatie in een renovatiecontext, zoals hier besproken, wordt er aan alle leefruimten één van de volgende twee functies toegekend:

- woonkamer (of gelijkwaardig)
- slaapkamer (of gelijkwaardig).

Aan de **dienstruimten** wordt er dan weer telkens één van de volgende drie functies toegekend:

- keuken (voor een open keuken, zie § 2.2.4, p. 15)
- badkamer, doucheruimte, wasruimte
- toilet (in de schema's aangeduid als WC).

2.2.2 Debieten en functies

Vervolgens wordt aan elke functie binnen de woning een **referentiedebiet** toegewezen. Dit referentiedebiet zal voor een welbepaalde ruimte soms verwezenlijkt worden door de toevoer en soms door de afvoer en dit, naargelang van het ventilatieconcept (zie hoofdstuk 3, p. 23).

De hierna vermelde referentiedebieten zijn vereenvoudigd t.o.v. deze uit de norm NBN D 50-001 [B4] om de **implementatie** van het ventilatiesysteem te vergemakkelijken en een goede luchtkwaliteit te bekomen bij renovaties. De debieten uit de NBN D 50-001 kunnen echter wel van toepassing zijn in bepaalde gevallen (zie § 1.4, p. 9).

Het referentiedebiet voor de leefruimten is 25 m³/h per persoon en de berekening van het aantal personen wordt als volgt bepaald:

- slaapkamers:
 - elke slaapkamer is voor minstens één persoon voorzien
 - in woningen is er ook telkens minstens één slaapkamer voor twee personen aanwezig

- woonkamer: het aantal personen voor een woonkamer is gelijk aan het totaal aantal personen dat in rekening gebracht wordt voor de slaapkamers. Het referentiedebiet voor de woonkamer is met andere woorden gelijk aan het totale debiet voor de slaapkamers.

Opmerking

Het toekennen van de functie van slaap- of woonkamer aan bepaalde ruimten zoals een bureau of een speelkamer valt onder de verantwoordelijkheid van de ontwerper van het ventilatiesysteem. Deze keuze zal dus een impact hebben op de hiervoor bepaalde debieten. Voor sommige leefruimten (zie tabel 1) zal de invloed op het totale referentiedebiet voor de leefruimten echter beperkt zijn:

- door meer slaapkamerfuncties toe te kennen, verhoogt het aantal personen dat in aanmerking genomen wordt bij de debietberekening, maar vermindert wel het aantal woonkamerfuncties, waarvoor het debiet hoger is aangezien het proportioneel is met het totale aantal personen
- door meer woonkamerfuncties toe te kennen, vermindert het aantal personen, maar verhoogt wel het aantal woonkamerfuncties waarvoor het debiet hoger is.

Tabel 1 Totaal referentiedebiet (in m³/h) voor de leefruimten naargelang van de verdeling van de slaapkamer- en woonkamerfuncties (*).

		Aantal slaapkamerfuncties				
		1	2	3	4	5
Aantal woonkamerfuncties	1	100	150	200	250	300
	2	150	225	300	375	450
	3	200	300	400	500	600
	4	250	375	500	625	750
	5	300	450	600	750	900

(* De kleuren geven een constant totaal aantal leefruimten weer.

De referentiedebieten die verwezenlijkt moeten worden voor de **afvoer** in de dienstruimten (keuken, badkamer, toiletten, wasruimte ...) zijn als volgt vastgelegd:

- keuken: 50 m³/h
- badkamer of gelijkwaardig: 50 m³/h
- toiletten: 25 m³/h
- wasruimte: 50 m³/h.

2.2.3 Ruimten met meerdere functies

In bepaalde gevallen kunnen er in eenzelfde ruimte of volume verschillende functies naast elkaar bestaan, zonder dat er hier een fysieke scheiding tussen aanwezig is. Desgevallend zal het nodig zijn om een referentiedebiet te identificeren voor elke functie en dient men tevens het hoogste referentiedebiet vast te leggen.

Voorbeeld

Een slaapkamer voor één persoon die uitgerust is met een douchehoek:

- het referentiedebiet voor de slaapkamerfunctie is 25 m³/h
- het referentiedebiet voor de douchefunctie is 50 m³/h
- het hoogste referentiedebiet is 50 m³/h.

Het hoogste referentiedebiet moet toelaten om het volledige systeem te ontwerpen en om het totale debiet ervan te bepalen. De referentiedebieten voor elke functie zijn dan weer van belang voor de regeling van de eventuele vraaggestuurde ventilatie (zie § 1.3, p. 7).

Voorbeelden van ruimten met meerdere functies

- Een slaapkamer die uitgerust is met een douchehoek
- Een woonkamer die uitgaat op een open keuken
- Toiletten in een badkamer.

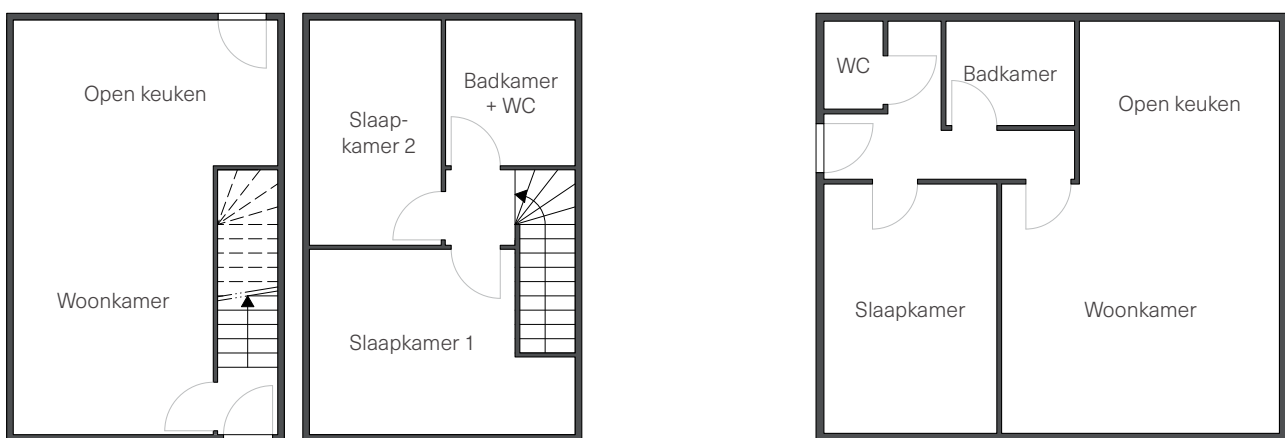
2.2.4 Specifieke gevallen voor woonkamers: open keuken, doorkruiste woonkamer of gesloten gescheiden woonkamer

Bij bepaalde concepten die in dit document behandeld worden, is er een **onrechtstreekse ventilatie** van de woonkamer. In deze gevallen is er met andere woorden geen toevoer naar of afvoer uit de woonkamer, aangezien de lucht afkomstig is uit een andere ruimte (meestal een inkomhal) en vervolgens weer uit de woonkamer verwijderd wordt (in de regel naar de keuken).

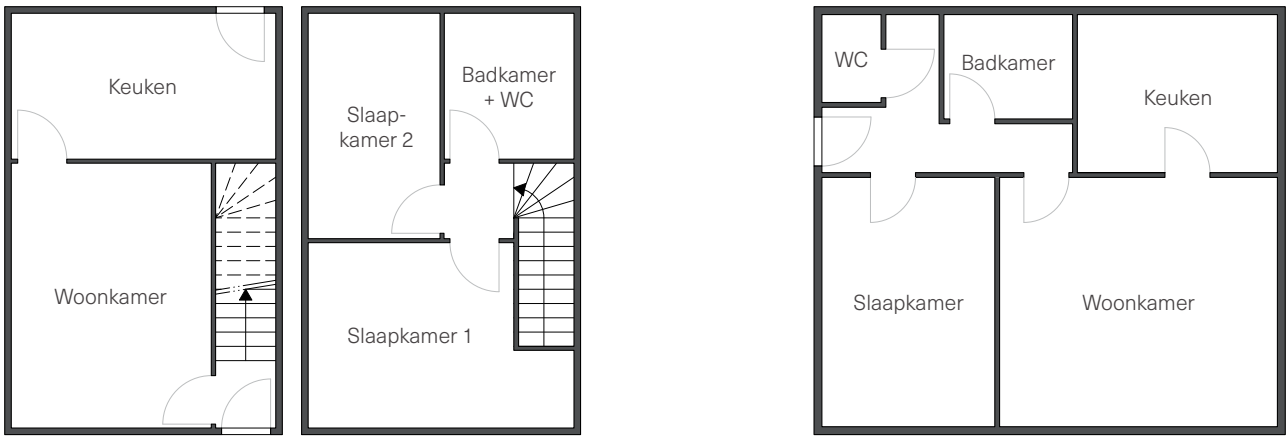
Dit principe van onrechtstreekse ventilatie kan toegepast worden wanneer de woonkamer in de zone ligt die doorstroomd wordt door de luchtstroom van de hal naar de keuken. Dit komt voor in twee situaties:

- bij een **'open keuken'**: de keuken geeft uit op de woonkamer en de twee ruimten vormen aldus één enkel volume (zie afbeelding 3)
- bij een **'doorkruiste woonkamer'**: een dergelijke 'doorkruiste woonkamer' treft men onder meer aan in de volgende gevallen:
 - in aanwezigheid van een gesloten keuken, die enkel toegankelijk is via de woonkamer (zie afbeelding 4, p. 16)
 - in aanwezigheid van een gesloten keuken, die enkel toegankelijk is via een hal die louter toegang geeft tot deze keuken en tot de woonkamer (zie afbeelding 5, p. 16).

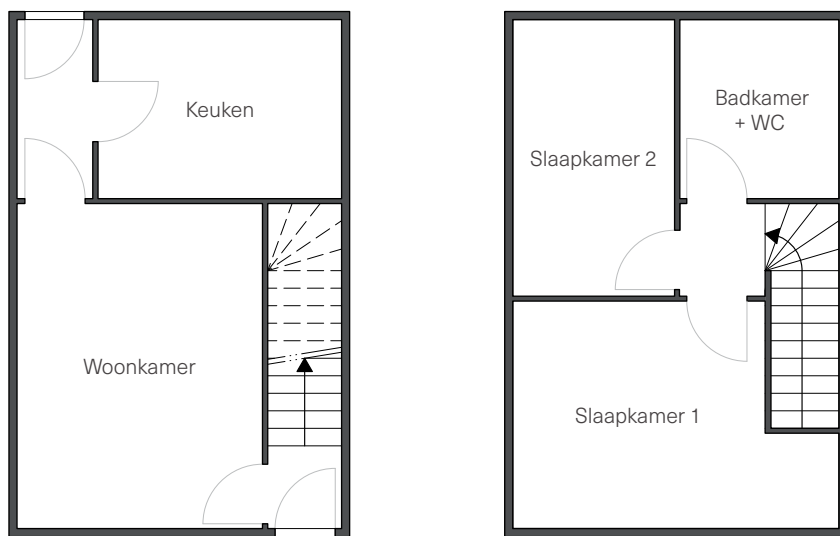
In de andere gevallen heeft men het over een **gesloten gescheiden woonkamer** en kan het principe van de onrechtstreekse ventilatie dus niet tot stand gebracht worden. Het kan hier gaan om een gesloten gescheiden woonkamer die toegankelijk is via een inkomhal die toegang geeft tot meerdere ruimten (zie afbeelding 6, p. 16).



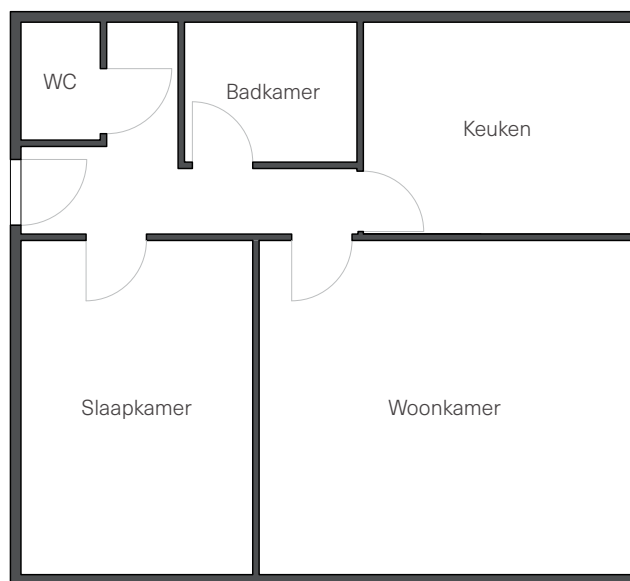
Afb. 3 Open keuken in een huis (links) en in een appartement (rechts).



Afb. 4 Doorkruiste woonkamer met een gesloten keuken die enkel toegankelijk is via de woonkamer in een huis (links) en in een appartement (rechts).



Afb. 5 Doorkruiste woonkamer met een gesloten keuken die enkel toegankelijk is via een inkomhal die louter toegang geeft tot deze keuken en de woonkamer (in een huis).



Afb. 6 Gesloten gescheiden woonkamer die toegankelijk is via een inkomhal die toegang geeft tot meerdere ruimten (in een appartement).

2.3 Keuze van het ventilatieconcept

2.3.1 Keuzecriteria

Gelet op de vele factoren die een rol te spelen hebben, is het moeilijk om een gestructureerde **methodologie** voor te stellen voor de keuze van het concept dat het best geschikt is voor een welbepaald project. Deze paragraaf gaat dieper in op een aantal elementen waardoor u zich bij deze keuze niettemin kunt laten leiden. De gedetailleerde fiches uit hoofdstuk 3 geven eveneens een beschrijving van de voor- en nadelen van elk systeem.

Het **aantal** ruimten en de **positie** en **functie** ervan zijn de eerste elementen die in aanmerking genomen moeten worden. Zij hebben immers een invloed op de referentiedebieten (zie § 2.2.2, p. 13) in elke ruimte en bijgevolg op het totale debiet dat kan verschillen naargelang van het ventilatieconcept. Verder zijn er bepaalde concepten die eenvoudiger in specifieke situaties toegepast kunnen worden, zoals een woonkamer met een open keuken.

Verder wordt elk project gekenmerkt door een aantal **technische beperkingen**. Bepaalde mechanische systemen vereisen een zekere ruimte voor de ventilatiegroep en de kanalen en voor andere systemen moeten er componenten in de gevel aangebracht worden (natuurlijke toevoeropeningen, decentrale afvoerventilatoren ...), wat een beoordeling van de **esthetische en stedenbouwkundige impact** vereist en – in voorkomend geval – een controle van de brandveiligheidsregels (zie § 2.7, p. 21). Bij sommige projecten moet het aantal interventies binnenin de woning tot een minimum beperkt worden. Dit geldt met name voor werkzaamheden in een bewoonde omgeving.

Bovendien kan elk project onderscheiden worden op basis van de aan de volgende criteria gestelde prioriteiten:

- het **comfort** van de bewoners
- de **energieprestaties**
- de **investeringskosten**.

Ten slotte mag men evenmin vergeten dat de goede werking van bepaalde concepten eveneens berust op de goede **luchtdichtheid** van de gebouwschil. In voorkomend geval kan het nodig zijn om de luchtdichtheid te verbeteren en om een in-situ meting uit te voeren teneinde de luchtdichtheidsprestatie kwantitatief vast te leggen.

2.3.2 Overzicht van de systemen

Tabel 2 (p. 18) geeft een **overzicht** van de belangrijkste (volledige) systemen die in hoofdstuk 3 (p. 23) voorgesteld worden. Hij geeft een beknopte beschrijving van het werkingsprincipe van de systemen, van de belangrijkste voordelen en de eventuele beperkingen die verband houden met de uitvoering ervan.

Van de verschillende systemen die voorgesteld worden in hoofdstuk 3 zijn de systemen **D cascade** en **C hal centraal** de meest doeltreffende voor wat betreft het waarborgen van de luchtkwaliteit, onafhankelijk van de externe factoren. Ze kunnen bovendien in tal van woningen toegepast worden.

De systemen **C hal 1 zone slaapkamers** en **C hal decentraal** vormen in bepaalde gevallen een uiterst voordelige oplossing en dit, terwijl ze toch performant genoeg blijven om de luchtkwaliteit te waarborgen.

De systemen **C cascade** en **C zonaal** zijn interessante oplossingen, vooral in woningen met een gesloten gescheiden woonkamer. Deze systemen vertonen echter enkele specifieke beperkingen om hun betrouwbare werking te kunnen waarborgen.

In hoofdstuk 4 (p. 63) wordt de **toepassing** van deze systemen in een aantal typewoningen geïllustreerd en worden de voordelen ervan in de kijker gezet.

De systemen **D decentraal** en **automatische vensters** kunnen interessant zijn in enkele bijzondere gevallen, bijvoorbeeld wanneer men één of meerdere ruimten afzonderlijk wenst te ventileren.

Tabel 2 Overzicht van de belangrijkste innovatieve ventilatiesystemen in een renovatiecontext.

		D cascade	C hal centraal	C hal 1 zone slaapkamers	C hal decentraal	C zonaal gemotoriseerde RTO	C cascade	C cascade met mechanische doorstroom
Fiche		3.1	3.2	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8
Werkgingsprincipe	Type toevoer	mechanisch	natuurlijk	natuurlijk	natuurlijk	natuurlijk	natuurlijk	natuurlijk
	Betrokken ruimten	slaapkamers	hal	hal	hal	slaapkamers en woonkamer	slaapkamers	slaapkamers
	Type mechanische afvoer	centraal	centraal	centraal slaapkamers	decentraal	centraal	centraal	centraal
	Betrokken ruimten	dienstruimten (en leefruimten)	alle	alle	alle	dienstruimten	dienstruimten (en leefruimten)	dienstruimten (en leefruimten)
		zeer performant (kwaliteit binnenlucht, comfort, energie)	performant (kwaliteit binnenlucht, comfort, energie)	voordelige oplossing	beperkte werken binnenin de woning		voordelige oplossing	variant van C cascade voor alle n_{50}
Voordelen		verschillende woningen (bv. meerdere slaapkamers)	verschillende woningen (bv. meerdere dienstruimten)	mogelijke fasering van de werken	mogelijke fasering van de werken	appartement met een gesloten woonkamer	appartement met een gesloten woonkamer	
Geschikt voor een gesloten gescheiden woonkamer?		varianten mogelijk	varianten mogelijk	varianten mogelijk	varianten mogelijk	ja	ja	ja
Gevoelig voor de luchtdichtheid van de gebouwschil?		nee	nee	nee	nee	nee, indien $n_{50} \leq 3$	nee, indien $n_{50} \leq 1$	nee

2.4 Regeling

De **regeling** maakt het mogelijk om de debieten aan te passen op basis van de **reële behoeften** en aldus om het energieverbruik van het ventilatiesysteem (verwarming en elektriciteit, in voorkomend geval) te beperken.

Een eerste belangrijke factor van de regeling is het **type controle**, d.w.z. de parameter die de regeling naar een hoger of een lager debiet in werking stelt. In theorie bestaan er verschillende controlemogelijkheden:

- handmatige controle
- controle met een klokfunctie
- controle door aanwezigheidsdetectie
- vraaggestuurde controle op basis van een sensor die variaties in de luchtkwaliteit opmeet (bv. CO₂ of relatieve vochtigheid (RV)).

Deze controlecomponenten kunnen voorzien zijn voor een individuele ruimte, waardoor ze toelaten om de behoeften voor deze specifieke ruimte te bepalen, of voor meerdere ruimten tegelijkertijd. In dit geval moet de component aangebracht worden op een plaats die representatief is voor al deze ruimten.

De tweede belangrijke factor betreft de **regeling van de ventilatie** van de ruimten. Er bestaan drie categorieën van regeling:

- de **centrale** regeling die gemeenschappelijk is voor de ventilatie van alle ruimten
- de **zonale** regeling die gemeenschappelijk is voor de ventilatie van alle ruimten van een zone en die de ventilatie afzonderlijk regelt in twee of meerdere zones
- de **lokale** regeling die de ventilatie in elke ruimte afzonderlijk verzekert.

Deze regelingen kunnen toegepast worden op het volledige systeem of enkel op een deel van het systeem en kunnen gecombineerd worden. De totale mechanische toevoer- en afvoerdebieten moeten steeds geregeld worden in functie van **de grootste behoeften** en zodanig afgesteld worden dat ze **in evenwicht** zijn.

In hoofdstuk 3 (p. 23) worden er voor elk systeem relevante regeloplossingen voorgesteld. Deze oplossingen zijn een **compromis** tussen goede prestaties (in termen van luchtkwaliteit en debietvermindering) en lage kosten (met het strikt noodzakelijke aantal componenten en sensoren). De oplossingen beschrijven de werking van de systeemregeling in autonome modus, d.w.z. zonder tussenkomst van de gebruiker.

Het is altijd mogelijk om een handmatige bediening toe te voegen om het debiet in bepaalde omstandigheden te verhogen of te verlagen. Dit aspect komt evenwel niet aan bod in de voorliggende beschrijvingen.

De principes van een performante regeling worden gedetailleerd beschreven in Bijlage A (p. 77). Deze bijlage laat toe om een specifieke regeling te ontwerpen voor een gegeven systeem voor gevallen waarbij de gewenste regeling bijvoorbeeld niet beschikbaar is op de gecommercialiseerde systemen.

2.5 Doorstroomopeningen

De **doorstroomopeningen** worden in principe gedimensioneerd voor het totale debiet dat er doorheen gaat en voor een drukverschil van 2 Pa.

Indien er verschillende opeenvolgende doorstroomopeningen aanwezig zijn in een luchtstroom tussen een mechanische toevoer in een ruimte en een mechanische afvoer in een andere ruimte, dan moeten deze doorstroomopeningen zodanig gedimensioneerd worden dat het totale **drukverschil** tussen deze openingen niet groter wordt dan 4 Pa.

2.6 Natuurlijke toevoeropeningen

Opmerking

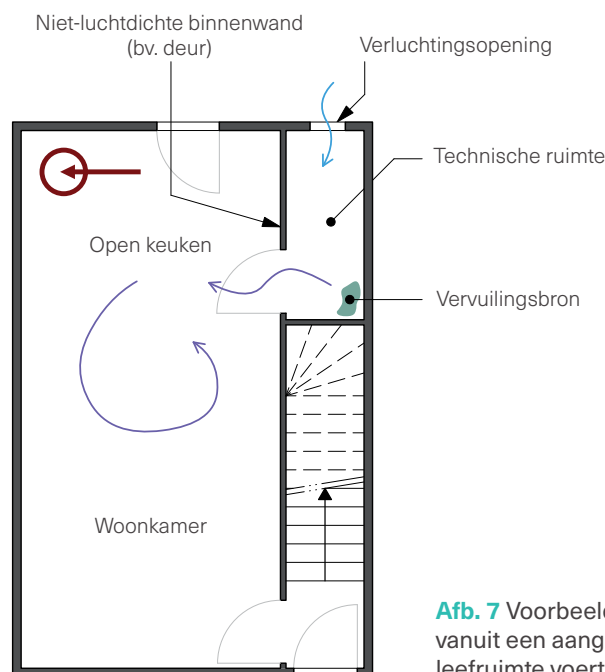
Deze componenten worden ook aangeduid als 'regelbare toevoeropeningen' (RTO), onder meer in de norm NBN D 50-001 [B4].

Voor alle varianten van het systeemtype C zijn er één of meerdere **natuurlijke toevoeropeningen** in de woning nodig. Het gaat hier meestal om openingen die ingewerkt zijn in of boven een venster of ook om componenten die rechtstreeks in de gevel geïntegreerd zijn. In collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het gebied van **brandveiligheid**. Deze worden beschreven in § 2.7 (p. 21).

In de regel worden deze openingen handmatig geregeld tussen ten minste een volledig open en een volledig gesloten stand. De **manier** waarop de **gebruikers** deze openingen bedienen, kan de goede werking en de prestaties van de betrokken systemen met andere woorden beïnvloeden. De gebruikers van de woning moeten dus goed geïnformeerd worden over het **correcte gebruik** van deze openingen.

Bij alle systemen van het type C moet er bijzondere aandacht besteed worden aan de eventuele aanwezigheid van **aangrenzende ruimten** die geen deel uitmaken van de doelbewust geventileerde ruimten van de woning (bv. zolder, kelder, garage, stookruimte, lokaal voor de gasmeter, andere technische ruimten ...). Naargelang van de configuratie van de woning, de **luchtdichtheid** van de buiten- en de binnenwanden van deze ruimten, de aanwezigheid van natuurlijke ventilatieopeningen in deze ruimten of ook de regeling van de RTO van het systeem door de gebruikers, kan er een deel van de toevoerlucht van het ventilatiesysteem van de woning via deze ruimten van buiten naar binnen aangevoerd worden. Dit is des te belangrijker indien er in deze ruimten **polluenten** zoals schimmels, radon ... aanwezig zijn (zie afbeelding 7). De verspreiding van deze eventuele polluenten van de aangrenzende ruimten naar de woning toe kan vermeden worden door middel van de volgende **vijf oplossingen**:

- het elimineren van de bronnen van luchtvervuiling (bv. vocht) in deze ruimten
- het verzekeren van de luchtdichtheid van de binnenwand tussen de betrokken ruimte en de woning. Deze ruimten kunnen eventueel uitgesloten worden uit het beschermde volume (dat geïsoleerd en luchtdicht is)
- het voldoende groot dimensioneren van de natuurlijke toevoeropeningen in de ruimten die met dergelijke openingen uitgerust zijn (voor de details per systeem, zie hoofdstuk 3, p. 23)



Afb. 7 Voorbeeld van een luchtstroom die de polluenten vanuit een aangrenzende technische ruimte naar een leefruimte voert.



- naargelang van de functie en het gebruik van de aangrenzende ruimten (bv. garage of opslagruimte) kan er eventueel een mechanische afvoer (al dan niet aangesloten op het centrale systeem) geïnstalleerd worden. We willen er wel op wijzen dat een dergelijke afvoer in bepaalde gevallen in tegenspraak kan zijn met de voorschriften voor open verbrandingstoestellen
- het correcte gebruik van de RTO door de gebruikers. Deze moeten namelijk open staan wanneer het gebouw in gebruik is.

2.7 Brandveiligheid

In **appartementengebouwen** zijn er een aantal reglementaire eisen van toepassing op de **brandveiligheid** van bepaalde collectieve en individuele systemen, zoals hieronder samengevat. Deze eisen zijn afkomstig uit het **koninklijk besluit** Basisnormen ⁽²⁾ dat betrekking heeft op nieuwe gebouwen ⁽³⁾. Alle renovatiewerkzaamheden aan een nieuw gebouw moeten uitgevoerd worden overeenkomstig de voorschriften uit dit besluit. Zo moet een gebouw dat opgetrokken werd in 1999 en gerenoveerd werd in 2022 na deze werken blijven beantwoorden aan de eisen die van kracht waren op het moment van zijn constructie. De reglementering is niet van toepassing op renovatiewerkzaamheden aan **een gebouw dat als oud beschouwd wordt** (d.w.z. waarvoor de bouwvergunning aangevraagd werd vóór 1995 of 1998). In geval van grootschalige renovatiewerken kan men echter het advies van de **brandweerdiensten** inwinnen. Deze vragen doorgaans om zich te conformeren aan de eisen uit het koninklijk besluit Basisnormen die verband houden met de gerenoveerde elementen.

Indien er echter geen dergelijke voorschriften voorhanden zijn (in de reglementering of in het advies van de brandweerdiensten), dan **strekt het tot aanbeveling** om rekening te houden met de volgende schikkingen. Men dient zich ervan te vergewissen dat de renovatiewerken de brandveiligheid van het bestaande gebouw niet in het gedrang brengen.

In het geval van een gemeenschappelijk mechanisch ventilatiesysteem voor meerdere woningen zijn er gewoonlijk verschillende kanalen die zich uitstrekken over meerdere **compartimenten** die afgebakend zijn door **brandwerende elementen** (muren, vloeren, deuren ...). In voorkomend geval dient men een brandwerende inrichting (bv. brandwerende klep) te plaatsen en de **afdichting** ervan te waarborgen ter hoogte van elk kanaal dat de brandwerende wand doorboort (zie [TV 254](#) [B1]).

Afbeelding 15 (zie § 3.1.7, p. 29) stelt een situatie voor met één gemeenschappelijk kanaal voor verschillende appartementen en een niet-gecompartimenteerde technische koker tussen de verdiepingen. In het [Buildwise-artikel 2012/01.02](#) [M1] worden er een aantal **alternatieve oplossingen** met meerdere compartimenten in de technische koker verduidelijkt.

De plaatsing van natuurlijke of mechanische openingen in de gevel vergt eveneens **bijzondere aandacht** in **middelhoge** ($h > 10$ m) en **hoge** ($h > 25$ m) gebouwen. Het gaat hier om:

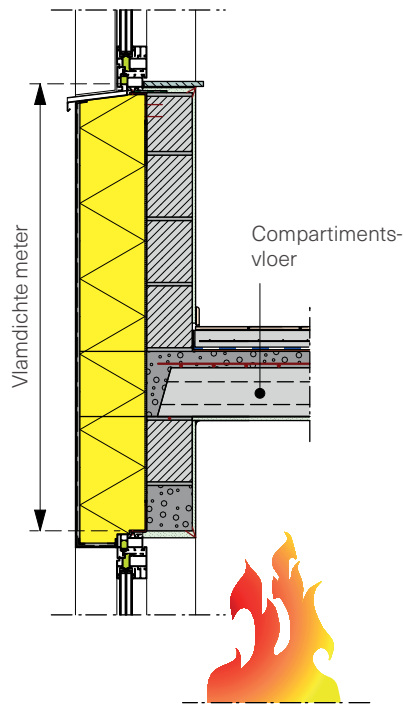
- systemen met een **natuurlijke toevoer** van het type C, die in principe uitgerust zijn met RTO in de gevel
- **decentrale mechanische** systemen, waarbij er ventilatoren in de gevel aanwezig zijn
- **individuele mechanische** systemen, die een luchtuitlaat en/of een eventuele luchtinlaat in de gevel hebben.

Deze openingen mogen niet in het brandwerende gevelelement (ook aangeduid als de '**vlamdichte meter**', zie afbeelding 8, p. 22) aangebracht worden dat vereist is ter hoogte van de scheiding tussen de compartimenten (in de regel tussen twee verdiepingen), tenzij ze uitgerust zijn met een brandwerende voorziening. De 'vlamdichte meter' wordt vereist voor middelhoge en hoge gebouwen, maar niet voor **lage** gebouwen ($h < 10$ m) ⁽⁴⁾. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar [Innovation Paper 37](#) [M2] over de brandveiligheid van gevels van gebouwen met meerdere verdiepingen.

⁽²⁾ Koninklijk besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen. Brussel, FOD Binnenlandse Zaken, Belgisch Staatsblad van 26 april 1995, en zijn wijzigingen [F1].

⁽³⁾ De middelhoge en hoge gebouwen waarvoor de bouwvergunningsaanvraag ingediend werd na 26 mei 1995 en de lage gebouwen ($h < 10$ m) waarvoor de bouwvergunningsaanvraag ingediend werd vóór 1 januari 1998.

⁽⁴⁾ Zie artikel 3.5.1 van de bijlagen 3 en 4 en artikel 3.5.1.1 van de bijlagen 3/1 en 4/1 van het koninklijk besluit van 7 juli 1994 [F1].



Afb. 8 Illustratie van de vlamdichte meter.

2.8 Eventuele aanwezigheid van open verbrandingstoestellen

De aanwezigheid van **open verbrandingstoestellen** (bv. oude boilers, stookketels) is soms onverenigbaar met bepaalde systemen die voorzien zijn van een **mechanische afvoer** (afgeleide systemen van type C of D). De norm NBN/DTD B 61-002 [B5] bevat een aantal bijkomende voorschriften hieromtrent.

2.9 Detailontwerp

Van zodra men een geschikt ventilatieconcept voor het project gekozen heeft, dient men zich verder te concentreren op het **detailontwerp** om te komen tot een performant systeem van goede kwaliteit.

In hoofdstuk 3 van dit document worden de belangrijkste elementen die in aanmerking genomen moeten worden bij het ontwerp belicht aan de hand van **technische fiches**.

Voor meer informatie omtrent het **thermische comfort**, het **akoestische comfort**, de energieprestatie en de **dimensionering van mechanische systemen**, verwijzen we naar [Technische Voorlichting 258](#) [B3].

3 Technische fiches per systeem

3.1 D cascade

3.1.1 Principe

Dit systeem verschilt van het klassieke systeem D doordat er geen mechanische toevoer in de woonkamer aanwezig is. De woonkamer wordt van doorstroomlucht voorzien vanuit de slaapkamers (meestal via een hal en eventueel via het trappenhuis). Dit principe is gebaseerd op het feit dat de slaapkamers en de woonkamer op verschillende tijdstippen gebruikt worden. In een woning is het gebruik van de slaapkamers 's nachts maximaal, terwijl het gebruik van de woonkamer overdag en 's avonds op zijn hoogst is. Het systeem D cascade is voorgesteld in de afbeeldingen 9 tot 11 (pp. 23 en 24).

Mechanische toevoer:

- in de slaapkamers.

Doorstroomopeningen:

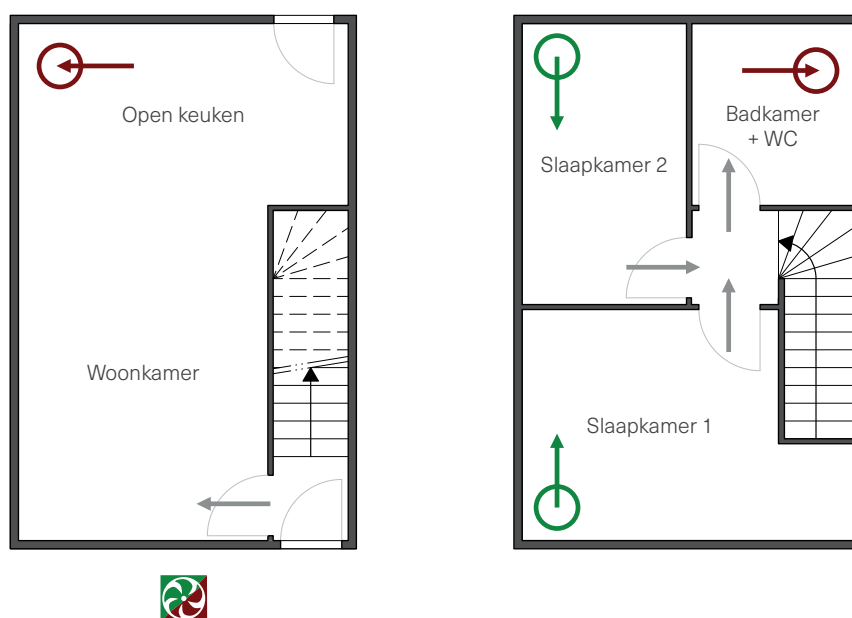
- naar de hallen en – in voorkomend geval – naar het trappenhuis
- naar de woonkamer
- naar de dienstruimten.

Mechanische afvoeren:

- in de dienstruimten.

Opmerking

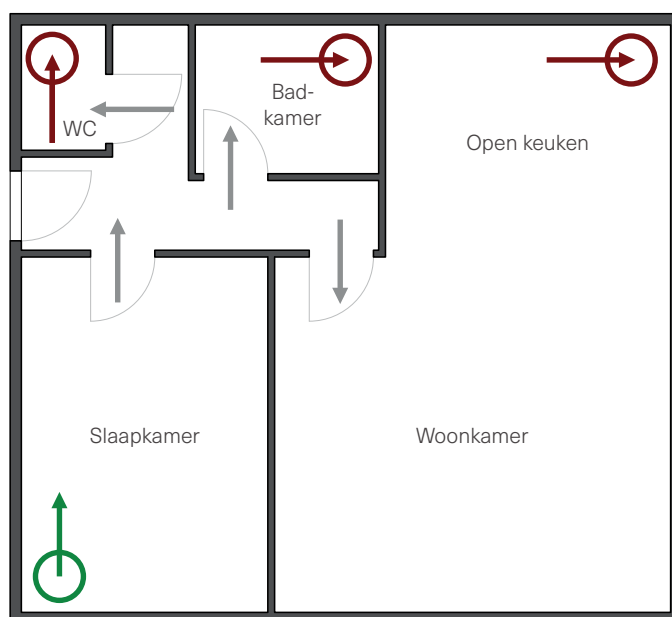
Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].



Afb. 9 2D-schema van het systeem D cascade in een huis met twee verdiepingen.



Afb. 10 3D-schema van het systeem D cascade in een huis met twee verdiepingen.



Afb. 11 Systeem D cascade in een appartement.

3.1.2 Belangrijkste voordelen

Het systeem D cascade vertoont de volgende voordelen:

- het is gemakkelijker te installeren dan een klassiek systeem D aangezien er geen toevoerkanal aanwezig is in de woonkamer (vaak moeilijk te installeren in een renovatiecontext)
- verlaagd totaal ontwerpdebiet. In bepaalde gevallen kan dit systeem zelfs werken met een constant verlaagd debiet zonder dat er nood is aan een vraaggestuurde ventilatie
- beperkte installatiekosten in vergelijking met een klassiek systeem D: geen kanalen en ventielen in de woonkamer, kleinere ventilatiegroep

- goede luchtkwaliteit
- zeer goede energetische efficiëntie: warmteterugwinning en laag debiet
- in principe heeft de luchtdichtheid van de gebouwschil geen invloed op de luchtkwaliteit (behalve voor een doorkruiste woonkamer, zie § 3.1.6, p. 27)
- het is een systeem met voordelen, bijvoorbeeld in een woning met een groot aantal leefruimten, slaapkamers of woonkamers.

3.1.3 Beperkingen

Het systeem D cascade vertoont de volgende beperkingen:

- de benodigde ruimte voor de mechanische componenten (ventilatiegroep en kanalen)
- dit systeem is makkelijker toepasbaar in een woning met een open keuken (zie § 2.2.4, p. 15). Er bestaan echter ook aangepaste varianten voor de andere configuraties.

3.1.4 Technische oplossing

Het systeem D cascade voor woningen is opgebouwd uit de volgende componenten:

- een balansventilatiegroep (zie afbeelding 12) met warmteterugwinning, die geïnstalleerd is in een technische ruimte die zich idealiter in de buurt van de slaapkamers bevindt (bv. een zolder)
- een luchtinlaat en -uitlaat in een buitenwand (gevel en dak). In collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7 (p. 21)
- een kanalennetwerk naar de slaapkamers en de dienstruimten
- ventielen in de slaapkamers en de dienstruimten.



Afb. 12 Voorbeelden van balansventilatiegroepen voor een systeem D cascade.

3.1.5 Regelingen

3.1.5.1 Overzicht van de regelingen

Er zijn verschillende regelingen mogelijk en elke regeling wordt in de volgende paragrafen nader beschreven. Tabel 3 (p. 26) geeft een overzicht van hun voor- en nadelen.

Voor dit systeem stemt het maximale debiet overeen met het hoogste van de twee volgende debieten: het totaal van de referentiedebieten voor de toevoer of het totaal van de referentiedebieten voor de afvoer.

Tabel 3 Voor- en nadelen van de regelingen voor een systeem D cascade.

Regeling	Voordelen	Nadelen
Centrale regeling – handmatig	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Geen sensoren en geen klok ✓ Gegarandeerd debiet in de slaapkamers (permanent minimumdebiet) 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Het debiet en de kwaliteit van de binnenlucht in de woonkamer zijn afhankelijk van het correcte gebruik van de handmatige bediening
Centrale regeling – CO ₂ woonkamer	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gegarandeerd debiet in de slaapkamers (permanent minimumdebiet) ✓ Doeltreffende verlaging van het debiet ✓ Eén enkele sensor 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ CO₂-sensor nodig
Centrale regeling – CO ₂ woonkamer en klok slaapkamers	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aanzienlijke verlaging van het debiet ✓ Eén enkele sensor 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Het debiet en de kwaliteit van de binnenlucht in de slaapkamers zijn afhankelijk van de goede regeling van de klok ✗ CO₂-sensor nodig ✗ Geprogrammeerde klokfunctie nodig
Centrale regeling – CO ₂ woonkamer en CO ₂ slaapkamers	<ul style="list-style-type: none"> ✓ De grootste verlaging van het debiet 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Verschillende CO₂-sensoren nodig

3.1.5.2 Centrale regeling – handmatig

Deze regeling wordt als volgt gekarakteriseerd:

- de regeling gebeurt centraal, zowel voor de toevoer als voor de afvoer. De debieten zijn in evenwicht
- het systeem wordt geregeld tussen een minimumdebiet en een maximumdebiet
- het minimumdebiet stemt overeen met het hoogste van de twee volgende debieten: het totaal van de toevoer voor de slaapkamers of $\frac{1}{3}$ van het totale maximale ontwerpdebiet. Dit minimumdebiet zorgt op permanente basis voor een toereikende ventilatie van de slaapkamers
- een handmatige bediening met verschillende standen wordt aangebracht in de woonkamer of in een andere gemakkelijk toegankelijke plaats (bv. inkomhal). Ze laat toe om het systeem bij het maximale debiet in werking te stellen
- de detectie van de behoeften in de dienstruimten is niet noodzakelijk.

3.1.5.3 Centrale regeling – CO₂ woonkamer

Deze regeling wordt als volgt gekarakteriseerd:

- de regeling gebeurt centraal, zowel voor de toevoer als voor de afvoer. Het systeem is in evenwicht
- het systeem wordt geregeld tussen een minimumdebiet en een maximumdebiet
- het minimumdebiet stemt minstens overeen met het totaal van de toevoer voor de slaapkamers en minstens met $\frac{1}{3}$ van het totale maximale ontwerpdebiet. Dit minimumdebiet zorgt op permanente basis voor een toereikende ventilatie van de slaapkamers
- een CO₂-sensor in de woonkamer(s) laat toe om het debiet te laten variëren tussen dit minimumdebiet en het maximale ontwerpdebiet volgens de in de woonkamer gedetecteerde behoeften
- de detectie van de behoeften (bv. met behulp van een CO₂-sensor) in de dienstruimten is niet noodzakelijk.

3.1.5.4 Centrale regeling – CO₂ woonkamer en klok slaapkamers

Deze regeling wordt als volgt gekarakteriseerd:

- de regeling gebeurt centraal, zowel voor de toevoer als voor de afvoer. Het systeem is in evenwicht

- het systeem wordt geregeld tussen een minimumdebiet, een tussendebiet en een maximumdebiet
- het minimumdebiet stemt minstens overeen met $\frac{1}{3}$ van het totaal van de toevoer voor de slaapkamers
- het tussendebiet stemt minstens overeen met het totaal van de toevoer voor de slaapkamers en minstens met $\frac{1}{3}$ van het totale maximale ontwerpdebiet. Dit tussendebiet zorgt op permanente basis voor een minimale ventilatie van de slaapkamers
- een geprogrammeerde klokfunctie (al dan niet vast) verzekert dit tussendebiet (bv. van 20h tot 8h)
- een CO₂-sensor in de woonkamer(s) laat toe om het debiet te laten variëren tussen dit minimumdebiet of tussendebiet en het maximale ontwerpdebiet volgens de in de woonkamer gedetecteerde behoeften
- de detectie van de behoeften in de dienstruimten is niet noodzakelijk.

3.1.5.5 Centrale regeling – CO₂ woonkamer en CO₂ slaapkamers

Deze regeling wordt als volgt gekarakteriseerd:

- de regeling gebeurt centraal, zowel voor de toevoer als voor de afvoer. Het systeem is in evenwicht
- het systeem wordt geregeld tussen een minimumdebiet, een tussendebiet en een maximumdebiet
- het minimumdebiet stemt minstens overeen met $\frac{1}{3}$ van het totaal van de toevoer voor de slaapkamers
- het tussendebiet stemt minstens overeen met het totaal van de toevoer voor de slaapkamers en minstens met $\frac{1}{3}$ van het totale maximale ontwerpdebiet
- één of meerdere CO₂-sensoren verzekeren dit tussendebiet wanneer ze rechtstreeks of onrechtstreeks CO₂ in de slaapkamers detecteren. Deze sensor of sensoren kan/kunnen op verschillende plaatsen aangebracht worden:
 - in de nachthal die uitgeeft op alle slaapkamers
 - in de hoofdslaapkamer
 - in elke slaapkamer. Enkel en alleen in dit geval kan het minimumdebiet verlaagd worden tot $\frac{1}{10}$ van het totaal van de toevoer voor de slaapkamers
- een CO₂-sensor in de woonkamer(s) laat toe om het debiet te laten variëren tussen dit minimumdebiet of tussendebiet en het maximale ontwerpdebiet volgens de in de woonkamer gedetecteerde behoeften
- de detectie van de behoeften in de dienstruimten is niet noodzakelijk.

3.1.6 Variant voor een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer

3.1.6.1 Doorkruiste woonkamer

In het geval van een doorkruiste woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) zal de afwezigheid van een rechtstreekse mechanische ventilatie in de woonkamer ervoor zorgen dat het systeem gevoeliger zal zijn voor een gebrekkige luchtdichtheid van de gebouwschil. Om een goede luchtkwaliteit in de woonkamer te waarborgen, is het echter aanbevolen om één van de volgende oplossingen toe te passen:

- het realiseren van een permanente doorstroomopening met grote afmetingen (oppervlakte van minstens 1 m²) tussen de doorkruiste woonkamer en de keuken of de dienstruimten die voorzien zijn van een mechanische afvoer. Deze opening kan bijvoorbeeld de vorm aannemen van een deuropening zonder deur
- de toepassing van dit systeem beperken tot woningen met een uiterst luchtdichte gebouwschil ($n_{50}^{(6)}$ van minder dan of gelijk aan 1 h⁻¹).

⁽⁶⁾ Voor meer informatie verwijzen we naar de [TV.255](#) [B2].

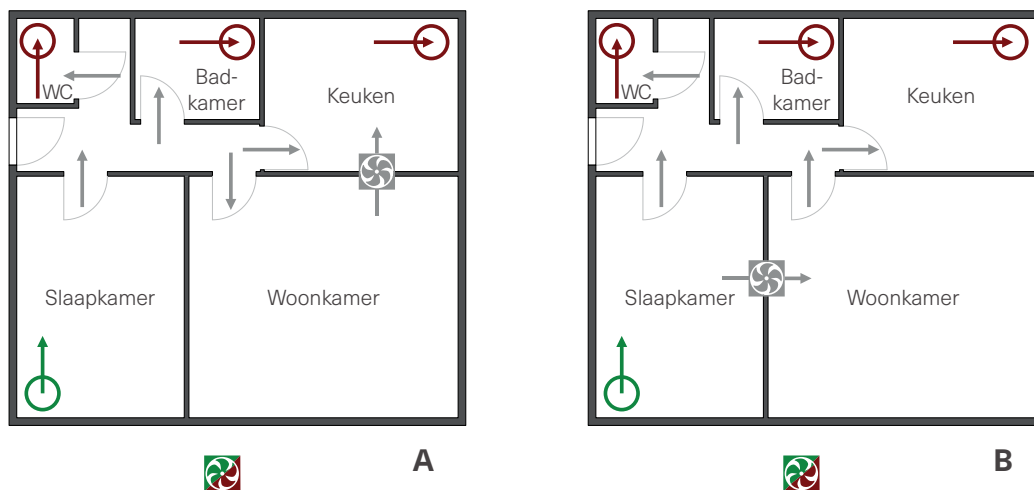
3.1.6.2 Gesloten gescheiden woonkamer

In het geval van een woning met een gesloten gescheiden woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15), zijn er twee benaderingen die toelaten om het systeem D cascade toe te passen:

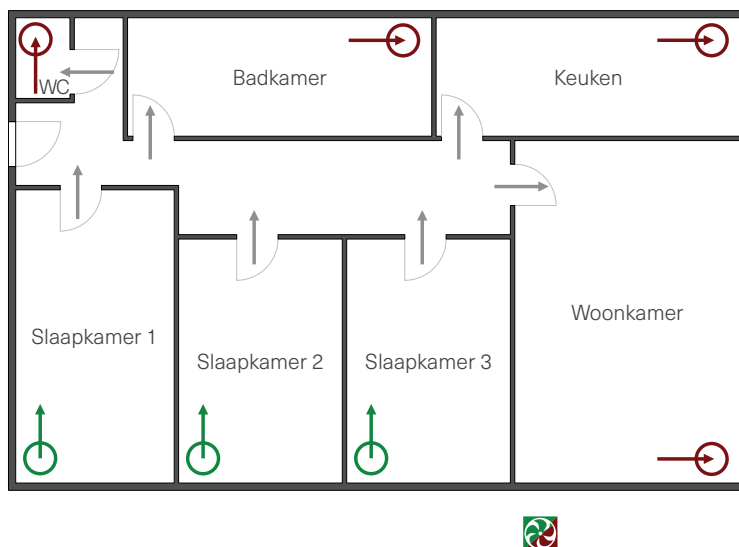
- de toevoeging van een mechanische doorstroom tussen de woonkamer en een andere ruimte om de luchtstroom ertoe te verplichten de woonkamer te doorstromen (in afbeelding 25, p. 41, zijn er een aantal voorbeelden van mechanische doorstroomventilatoren voorgesteld)
- de toevoeging van een bijkomende afvoer in de woonkamer.

De afbeeldingen 13A, 13B en 14 hierna illustreren deze varianten van het systeem D cascade voor een woning met een gesloten gescheiden woonkamer en een gesloten keuken die uitgeeft op andere ruimten dan de woonkamer:

- de eerste oplossing bestaat erin om een ventilator toe te voegen ter verzekering van de mechanische doorstroom tussen de woonkamer en de gesloten keuken. De woonkamer moet eveneens in contact staan met de hal die uitgeeft op de slaapkamer(s) (zie afbeelding 13A)
- de tweede oplossing kan toegepast worden indien er slechts één slaapkamer is, die zich naast de woonkamer bevindt. Ze bestaat erin om een ventilator toe te voegen ter verzekering van de mechanische doorstroom tussen de slaapkamer en de woonkamer (zie afbeelding 13B)
- de derde oplossing bestaat erin om een bijkomende mechanische afvoer toe te voegen in de woonkamer (zie afbeelding 14).



Afb. 13 Mogelijke varianten van het systeem D cascade in een appartement met één slaapkamer en een gesloten gescheiden woonkamer, dankzij een mechanische doorstroom.



Afb. 14 Mogelijke variant van het systeem D cascade in een appartement met drie slaapkamers en een gesloten gescheiden woonkamer, dankzij een bijkomende afvoer in de woonkamer.

3.1.6.3 Regelingen toegepast op de varianten

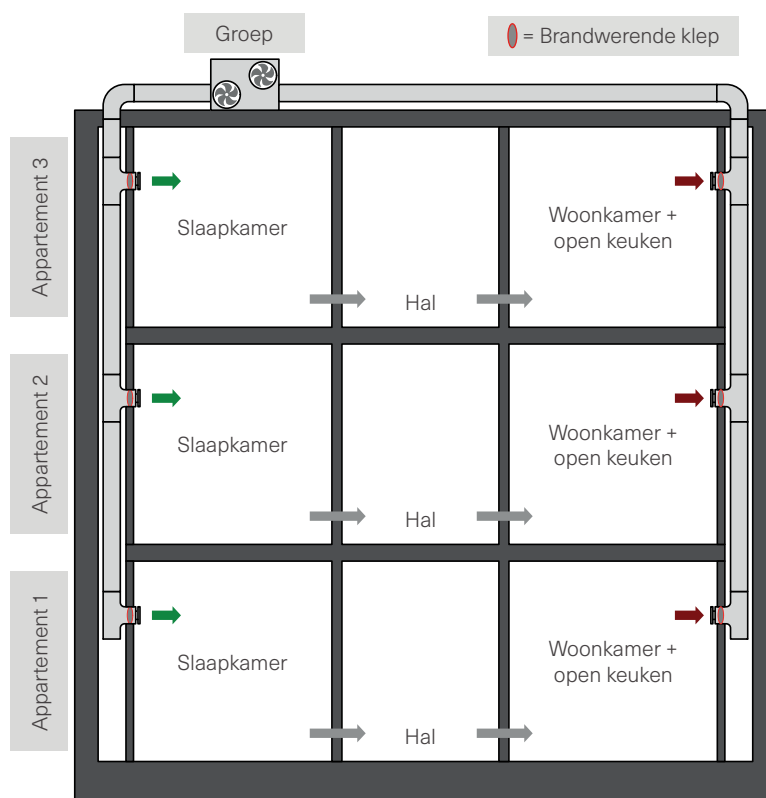
De verschillende hiervoor beschreven regelingen kunnen ook toegepast worden op de varianten voor een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer:

- in alle gevallen wordt de centrale regeling van de ventilatiegroep bediend op basis van de behoeften die gedetecteerd worden in de woonkamer (CO₂-sensor of handmatige bediening)
- indien er een bijkomende mechanische doorstroom geïnstalleerd wordt, dan zal deze eveneens geregeld worden op basis van de behoeften die gedetecteerd worden in de woonkamer (CO₂-sensor of handmatige bediening), zodanig dat het referentiedebiet in de woonkamer geleverd wordt wanneer de ventilatiegroep het maximale ontwerpdebiet levert:
 - indien er een bijkomende mechanische doorstroom geïnstalleerd wordt tussen de woonkamer en de keuken, dan zal ook het afvoerdebiet in de keuken geregeld worden op basis van de sensor, zodanig dat het afgevoerde debiet minstens gelijk is aan het mechanische doorstroomdebiet
 - indien er in de woonkamer geen ventilatiebehoeften gedetecteerd worden, dan kan de doorstroomventilator uitgeschakeld worden.

3.1.7 Variant D cascade voor meerdere appartementen

Het systeem D cascade kan ook gebruikt worden met een gemeenschappelijke ventilatiegroep voor meerdere appartementen. Afbeelding 15 illustreert de positie van de brandwerende kleppen in het geval van een niet-gecompartimenteerde technische koker tussen de verdiepingen (zie § 2.7 over brandveiligheid, p. 21, en het [Buildwise-artikel 2012/01.02](#) [M1]).

In principe kunnen de verschillende hiervoor beschreven regelingen toegepast worden. De centrale regeling van de gemeenschappelijke ventilatiegroep is gebaseerd op de grootste behoeften die gedetecteerd worden in de verschillende appartementen. Men dient bijzondere aandacht te besteden aan de oplossingen die het akoestische comfort waarborgen. Zodoende kan men vermijden dat debietveranderingen die aangestuurd worden door één appartement aanleiding zouden geven tot geluidshinder in één of meerdere andere appartementen.



Afb. 15 Illustratie van een systeem D cascade centraal voor drie appartementen.

3.2 C hal centraal

3.2.1 Principe

Dit systeem verschilt op een aantal punten van het klassieke systeem C: aanwezigheid van één enkele natuurlijke toevoeropening (in de inkomhal), afwezigheid van een toevoer in de slaapkamers en eventueel ook in de woonkamer, en aanwezigheid van mechanische afvoeren in alle ruimten, met inbegrip van de slaapkamers. Dit systeem gaat uit van het principe dat het debiet beter gecontroleerd wordt door een mechanische afvoer dan door een natuurlijke toevoer, met name in de slaapkamers. Het systeem C hal centraal wordt voorgesteld in de afbeeldingen 16A (hierna) en 16B (p. 31).

In het bijzondere geval waarbij een dienruimte enkel in contact staat met een al dan niet open leefruimte (bv. een douche in contact met een slaapkamer), kan het systeem vereenvoudigd worden door één enkele gemeenschappelijke afvoer voor beide ruimten te installeren die geregeld wordt op basis van de hoogste behoeften van de twee.

In zeer specifieke gevallen kan dit systeem ook toegepast worden op appartementen. De luchttoevoer moet dan wel gebeuren in de privatieve inkomhal binnenin elk appartement en rechtstreeks vanuit een buitengevel. De privatieve inkomhal moet bijgevolg rechtstreeks in contact staan met een buitengevel, wat een weinig courante configuratie is (zie afbeelding 17, p. 31).

Natuurlijke toevoeropening:

- in de hal op de laagste verdieping van de woning (bv. inkomhal).

Doorstroomopeningen:

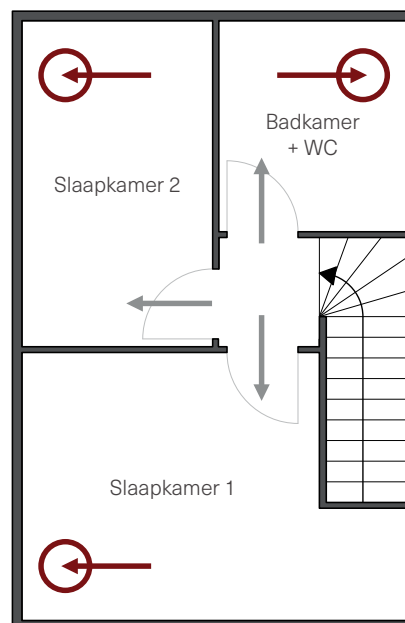
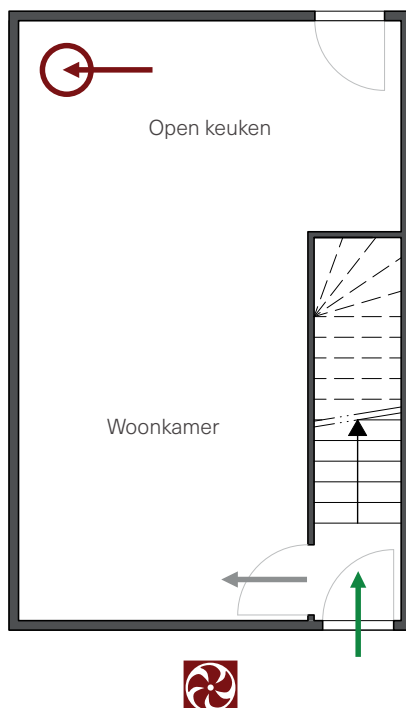
- naar de slaapkamers
- naar de woonkamer
- naar de dienruimten.

Mechanische afvoeren:

- in de dienruimten
- in de slaapkamers.

Opmerking

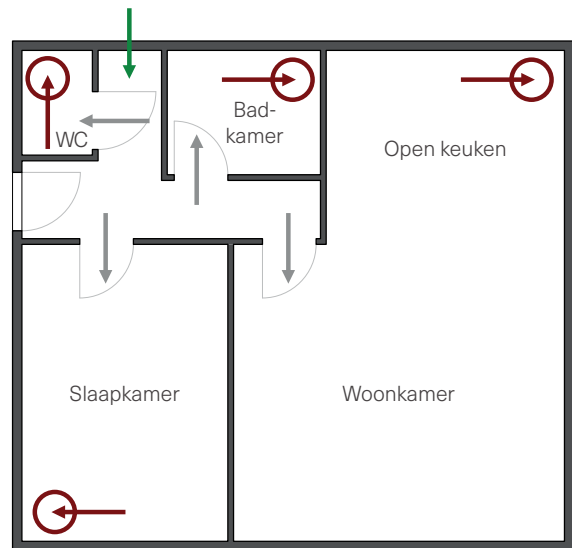
Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].



Afb. 16A
2D-schema van het systeem C hal centraal in een huis met twee verdiepingen.



Afb. 16B 3D-schema van het systeem C hal centraal in een huis met twee verdiepingen.



Afb. 17 Systeem C hal centraal in een appartement, met rechtstreekse luchttoevoer vanuit de buitenomgeving in de hal binnenin het appartement, wanneer deze in contact staat met een buitengevel.

3.2.2 Belangrijkste voordelen

Het systeem C hal centraal biedt de volgende voordelen:

- de luchtkwaliteit is gemakkelijker te verzekeren dan met een klassiek systeem C omdat dit laatste gevoelig is voor de luchtdichtheid van de gebouwschil, voor de invloed van de wind en voor de thermische trek tussen de natuurlijke toevoeren
- het is gemakkelijker te installeren dan een klassiek systeem C voor wat de natuurlijke toevoeropeningen betreft
- lagere installatiekosten voor wat de natuurlijke toevoeropeningen betreft
- het ervaren comfort kan beter zijn dan bij een klassiek systeem C omdat de slaapkamers en de woonkamer niet onderhevig zijn aan tocht en buitenlawaai
- de toepassing van een doeltreffende vraaggestuurde regeling van het systeem laat toe om een goede energetische efficiëntie te bereiken die gekarakteriseerd wordt door een verlaagd debiet
- in principe oefent de luchtdichtheid van de gebouwschil geen invloed uit op de luchtkwaliteit (behalve in het geval van een doorkruiste woonkamer, zie § 3.2.6, p. 33)
- het is een systeem met voordelen, bijvoorbeeld in een woning met meerdere dienstruimten of in een woning met slaapkamers met een privatieve (al dan niet open) badkamer of douche.

3.2.3 Beperkingen

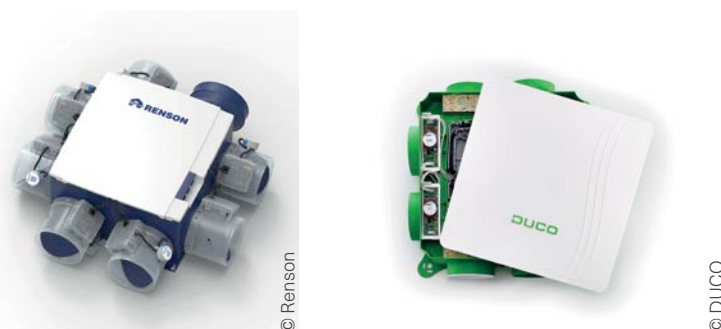
Het systeem C hal centraal vertoont de volgende beperkingen:

- de benodigde ruimte voor de mechanische componenten (ventilatiegroep en kanalen)
- het systeem is gemakkelijker toepasbaar in een woning met een open keuken (zie § 2.2.4, p. 15). Er bestaan echter ook aangepaste varianten voor de andere configuraties
- er is nood aan een inkomhal die in contact staat met een buitengevel en die minstens uitgeeft op de slaapkamers en de woonkamer
- er is nood aan een vraaggestuurde regeling teneinde het debiet te verlagen en het energieverbruik van het systeem te beperken.

3.2.4 Technische oplossing

Het systeem C hal centraal voor een woning is opgebouwd uit de volgende componenten:

- een mechanische afvoergroep (zie afbeelding 18) met sensoren en een lokale regeling, geïnstalleerd in een technische ruimte die zich idealiter in de nabijheid van de slaapkamers of de dienstruimten (bv. een zolder) bevindt
- een natuurlijke toevoeropening, aangebracht in de hal op de laagste verdieping van de woning (bv. inkomhal, zie afbeeldingen 19 en 20, p. 33). Deze opening kan gedimensioneerd worden voor een drukverschil van 10 Pa en voor het totale debiet van alle slaapkamers. De toevoer kan eventueel tot stand gebracht worden door middel van twee afzonderlijke openingen in de laagste verdieping van de woning, waarbij er zich eentje bevindt in de woonkamer en de andere in de inkomhal. Collectieve woongebouwen vertonen een aantal bijkomende beperkingen voor wat betreft de brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7 (p. 21)
- een kanalennetwerk naar de slaapkamers en naar de dienstruimten
- ventielen in de slaapkamers en in de dienstruimten
- een luchtuitlaat in een buitengevel (collectieve woongebouwen vertonen een aantal bijkomende beperkingen voor wat betreft de brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21).



Afb. 18 Voorbeelden van mechanische afvoergroepen waarmee het mogelijk is om een systeem C hal centraal uit te voeren.

Opmerking

Het strekt steeds tot aanbeveling om in een natuurlijke toevoeropening te voorzien die gedimensioneerd werd zoals beschreven in § 3.2.4 (hiervoor) teneinde dit systeem betrouwbaar te maken in alle omstandigheden en om zich ervan te vergewissen dat de verse lucht binnenkomt via een doelbewust gemaakte opening zonder hierbij potentieel verontreinigde aangrenzende ruimten te doorstromen (zie § 2.6, p. 20).



Afb. 19 Voorbeeld van een natuurlijke toevoeropening bij een systeem C hal centraal.



Afb. 20 Positie van de natuurlijke toevoeropening in een klein huis (foto van een huis van de Anderlechtse Haard in de wijk Goede Lucht te Anderlecht).

3.2.5 Regeling

De meest doeltreffende regeling die aanbevolen kan worden, is 'C hal centraal – lokale regeling'.

3.2.5.1 C hal centraal – lokale regeling

De regeling is lokaal dankzij een automatische klep en een sensor voor elke ruimte:

- CO₂-sensor voor de slaapkamers en de keuken
- RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
- aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
- een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor badkamers met toiletten.

3.2.6 Variant voor een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer

3.2.6.1 Doorkruiste woonkamer

In het geval van een doorkruiste woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) maakt de afwezigheid van een rechtstreekse mechanische ventilatie in de woonkamer het systeem mogelijk gevoelig voor wat de luchtdichtheid betreft. Teneinde een goede luchtkwaliteit in de woonkamer te waarborgen, is het echter noodzakelijk om één van de volgende oplossingen toe te passen:

- het realiseren van een permanente doorstroomopening met grote afmetingen (oppervlakte van ten minste 1 m²) tussen de doorkruiste woonkamer en de keuken of de dienstruimten die voorzien zijn van een mechanische afvoer. Deze opening kan bijvoorbeeld de vorm aannemen van een deuropening zonder deur
- de toepassing van dit systeem beperken tot woningen waarvan de gebouwschil zeer luchtdicht is (n_{50} van minder dan of gelijk aan 1 h⁻¹).

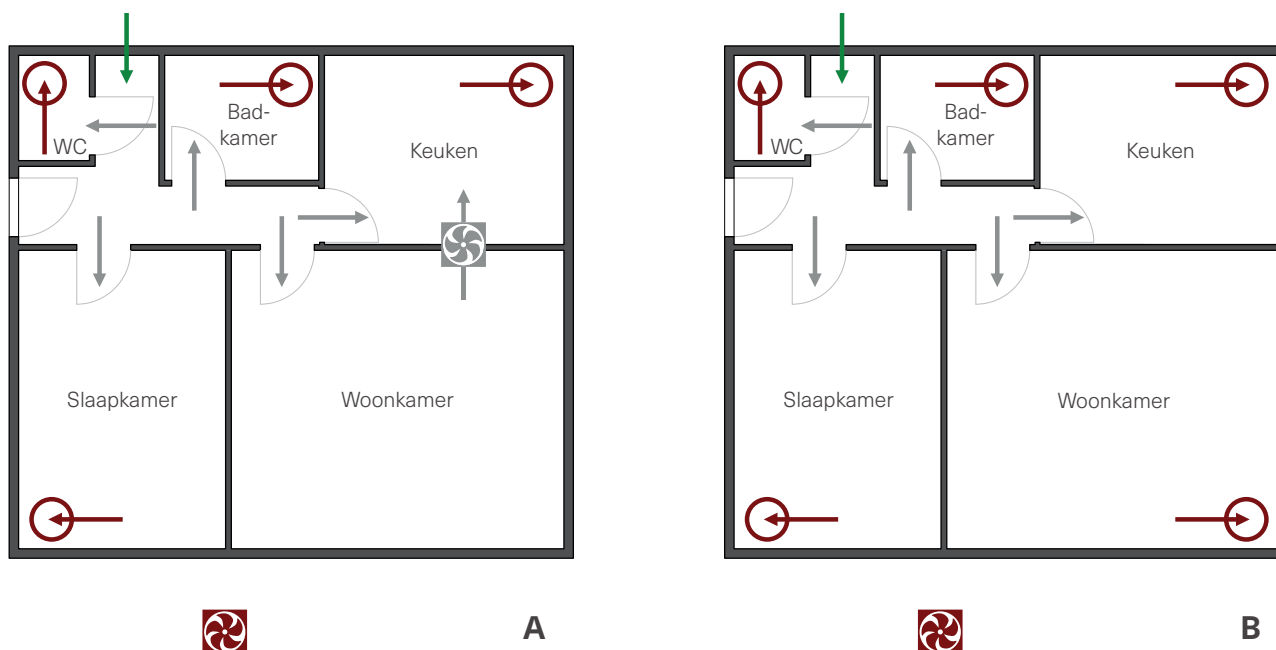
3.2.6.2 Gesloten gescheiden woonkamer

In het geval van een woning met een gesloten gescheiden woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) zijn er twee benaderingen die toelaten om een systeem C hal centraal toe te passen:

- de toevoeging van een mechanische doorstroom tussen de woonkamer en de keuken om de luchtstroom ertoe te verplichten de woonkamer te doorstromen (voor voorbeelden van mechanische doorstroomventilatoren verwijzen we naar afbeelding 25, p. 41)
- de toevoeging van een bijkomende afvoer in de woonkamer.

De afbeeldingen 21A en 21B hierna tonen de varianten van het systeem C hal centraal voor een woning met een gesloten gescheiden woonkamer en een gesloten keuken die in contact staat met andere ruimten dan de woonkamer:

- de eerste oplossing bestaat erin om een ventilator voor de mechanische doorstroom tussen de woonkamer en de gesloten keuken toe te voegen. Ze vereist ook dat de woonkamer in contact staat met de hal die uitgeeft op de slaapkamer(s) (zie afbeelding 21A)
- de tweede oplossing bestaat erin om een bijkomende mechanische afvoer in de woonkamer aan te brengen (zie afbeelding 21B).



Afb. 21 Mogelijke varianten van het systeem C hal centraal voor een appartement met een gesloten keuken.

3.2.6.3 Regeling toegepast op de varianten

De hiervoor beschreven regeling kan ook toegepast worden op de varianten voor een woning met een gesloten gescheiden woonkamer:

- indien er een bijkomende afvoer geïnstalleerd wordt in de woonkamer, dan kan ze gemakkelijk lokaal geregeld worden op basis van het CO₂-gehalte
- indien er een bijkomende mechanische doorstroom tot stand gebracht wordt tussen de woonkamer en de keuken, dan kan deze geregeld worden op basis van de behoeften die gedetecteerd worden in de woonkamer (CO₂-sensor):
 - het afvoerdebiet in de keuken wordt eveneens geregeld op basis van de sensor zodanig dat het afgevoerde debiet minstens even groot is als het mechanische doorstroomdebiet
 - indien er in de woonkamer geen enkele ventilatiebehoefte gedetecteerd wordt, dan kan de doorstroomventilator uitgeschakeld worden.

3.2.7 Variant C hal centraal voor meerdere appartementen

Het systeem C hal centraal is eveneens verenigbaar met een gemeenschappelijke ventilatiegroep voor meerdere appartementen (zie § 2.7, p. 21, voor meer informatie omtrent de brandveiligheid).

In principe is de hiervoor beschreven regeling van toepassing. De regeling van het gemeenschappelijke afvoerdebiet is gebaseerd op de hoogste behoeften die gedetecteerd worden in de verschillende appartementen. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de oplossingen die het akoestische comfort waarborgen. Zodoende kan men vermijden dat debietveranderingen die aangestuurd worden door één appartement aanleiding zouden geven tot geluidshinder in één of meerdere andere appartementen.

3.3 C hal 1 zone slaapkamers

3.3.1 Principe

Het basisprincipe is identiek aan dat van het systeem C hal centraal (zie § 3.2, p. 30). Er zijn echter wel een aantal verschillen:

- de afvoer in de slaapkamers wordt tot stand gebracht door een kleine gemeenschappelijke afvoergroep voor alle slaapkamers
- de afvoer in de andere ruimten gebeurt door middel van decentrale afvoerventilatoren.

Het systeem C hal 1 zone slaapkamers is voorgesteld in afbeelding 22.

Natuurlijke toevoeropening:

- in de hal op de laagste verdieping van de woning (bv. inkomhal).

Doorstroomopeningen:

- naar de slaapkamers
- naar de woonkamer
- naar de dienstruimten.

Mechanische afvoeren:

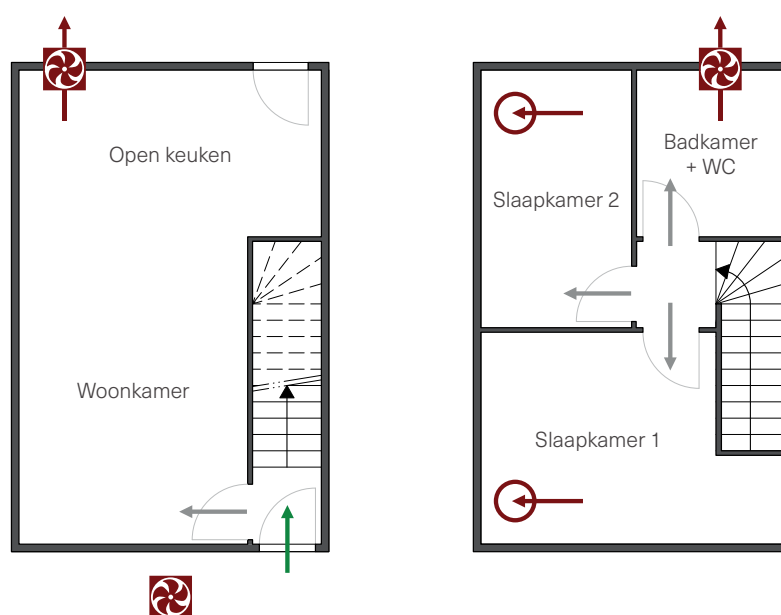
- in de dienstruimten
- in de slaapkamers.

Opmerking

Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].

Er kunnen ook nog andere varianten van het systeem C hal 1 zone slaapkamers toegepast worden door de afvoer van meerdere dienstruimten te combineren met een kleine gemeenschappelijke afvoergroep die geregeld wordt in functie van de behoeften. Deze varianten zijn meer of minder interessant, naargelang van het aantal dienstruimten en de specifieke kenmerken van elke woning, zoals in de volgende gevallen:

- gemeenschappelijke afvoer van de badkamer, de toiletten en een wasruimte, geregeld op basis van de relatieve vochtigheid in deze ruimten
- gemeenschappelijke afvoer van de badkamer en de keuken.



Afb. 22 Systeem C hal 1 zone slaapkamers met een centrale afvoergroep voor de slaapkamers en decentrale ventilatoren elders.

3.3.2 Belangrijkste voordelen

Het systeem C hal 1 zone slaapkamers heeft een zeker aantal voordelen gemeen met het systeem C hal centraal.

Het is echter iets minder performant voor wat de regeling van de debieten in de slaapkamers betreft.

In vergelijking met het systeem C hal centraal (zie § 3.2, p. 30), vertoont dit systeem de volgende voordelen:

- afwezigheid van verticale technische kokers voor onder meer de dienstruimten, de badkamer en de keuken
- mogelijk lagere installatiekosten in sommige gevallen, vooral indien er een groot aantal slaapkamers aanwezig is
- minder werkzaamheden binnenin de woning
- mogelijke fasering van de werkzaamheden: ruimte per ruimte of indien de decentrale afvoerventilatoren reeds aanwezig zijn (zie Bijlage B, p. 81).

In vergelijking met een systeem C hal decentraal (zie § 3.4, p. 40) vertoont dit systeem de volgende voordelen:

- het akoestische comfort is eenvoudiger te waarborgen in de slaapkamers dankzij de gemeenschappelijke afvoergroep en één of meerdere geluidsdempers
- componenten die gemakkelijker verkrijgbaar zijn op de markt
- een eenvoudigere regeling voor de slaapkamers
- mogelijk lagere installatiekosten in bepaalde gevallen, met name wanneer er een groot aantal slaapkamers aanwezig is.

3.3.3 Beperkingen

Het systeem C hal 1 zone slaapkamers vertoont een aantal specifieke beperkingen bovenop de nadelen van een systeem C hal centraal:

- de benodigde ruimte voor de mechanische componenten van de afvoer van de slaapkamers (afvoergroep en kanalen)
- de vereiste doorboringen van de gevel voor de installatie van de afvoerventilatoren van de dienstruimten. Men dient bijzondere aandacht te besteden aan de afdichting van deze doorboringen vanuit het oogpunt van de isolatie, de luchtdichtheid van de gebouwschil en de brandveiligheid (zie § 2.7, p. 21).

3.3.4 Technische oplossing

Het systeem C hal 1 zone slaapkamers voor een woning bestaat uit de volgende componenten:

- een decentrale afvoerventilator voor elke dienstruimte
- een mechanische afvoergroep (zie afbeelding 23, p. 38) die geïnstalleerd is in een technische ruimte die zich idealiter in de nabijheid van de slaapkamers bevindt (bv. een zolder)
- een natuurlijke toevoeropening aangebracht in de hal van de laagste verdieping van de woning (bv. inkomhal). Deze opening kan gedimensioneerd worden voor een drukverschil van 10 Pa en voor het totale debiet van alle slaapkamers. De toevoer kan eventueel tot stand gebracht worden met behulp van twee afzonderlijke openingen op de laagste verdieping van de woning, waarbij er zich eentje bevindt in de woonkamer en de andere in de inkomhal. Collectieve woongebouwen vertonen een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7 (p. 21)
- een kanalennetwerk naar de slaapkamers
- ventielen in de slaapkamers
- een luchtuitlaat in een buitengevel (collectieve woongebouwen vertonen een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21).



© Itho

Afb. 23 Voorbeeld van een mechanische afvoergroep waarmee het mogelijk is om een systeem C hal 1 zone slaapkamers uit te voeren.

3.3.5 Regelingen

3.3.5.1 C hal 1 zone slaapkamers – lokale regeling en zonale regeling klok slaapkamers

De regeling van de dienstruimten gebeurt op dezelfde manier als bij het systeem C hal centraal:

- de regeling is lokaal dankzij elke afzonderlijke afvoerventilator en sensoren voor elke dienstruimte:
 - een CO₂-sensor voor de keuken
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten.

De regeling van de gemeenschappelijke afvoergroep voor de slaapkamers is gebaseerd op een geprogrammeerde klokfunctie:

- het minimale afvoerdebiet in de slaapkamers stemt ten minste overeen met $\frac{1}{3}$ van het totaal van de referentiedebieten voor de slaapkamers
- deze (al dan niet vaste) geprogrammeerde klokfunctie verzekert het referentiedebiet in de slaapkamers ten minste gedurende de nacht (bv. van 20h tot 8h).

3.3.5.2 C hal 1 zone slaapkamers – lokale regeling en zonale regeling CO₂ slaapkamers

De regeling van de dienstruimten gebeurt op dezelfde manier als bij het systeem C hal centraal:

- de regeling is lokaal dankzij elke afzonderlijke afvoerventilator en sensoren voor elke dienstruimte:
 - een CO₂-sensor voor de keuken
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten.

De regeling van de gemeenschappelijke afvoergroep voor de slaapkamers is gebaseerd op een CO₂-detectie:

- het minimale afvoerdebiet in de slaapkamers stemt ten minste overeen met $\frac{1}{3}$ van het totaal van de referentiedebieten voor de slaapkamers

- één of meerdere CO₂-sensoren verzekeren het referentiedebiet in de slaapkamers wanneer ze rechtstreeks of onrechtstreeks CO₂ detecteren in de slaapkamers. Deze sensor(en) kan/kunnen op verschillende plaatsen aangebracht worden:
 - in het gemeenschappelijke afvoerkanaal van alle slaapkamers
 - in de hoofdslaapkamer
 - in elke slaapkamer. Enkel in dit laatste geval mag het minimale afvoerdebiet van de slaapkamers verlaagd worden tot 1/10 van het totaal van de referentiedebieten voor de slaapkamers.

3.3.6 Variant voor een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer

In het geval van een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) zijn de varianten die voorgesteld werden voor het systeem C hal centraal (zie § 3.2.6, p. 33) in principe ook toepasbaar op het systeem C hal 1 zone slaapkamers.

3.3.7 Variant C hal 1 zone slaapkamers voor meerdere appartementen

Het systeem C hal 1 zone slaapkamers is eveneens verenigbaar met een gemeenschappelijke ventilatiegroep (voor de slaapkamers) voor meerdere appartementen (zie § 2.7, p. 21, voor wat betreft de brandveiligheid).

In principe is de hiervoor beschreven regeling van toepassing. De regeling van het gemeenschappelijke afvoerdebiet is gebaseerd op de grootste behoeften die gedetecteerd worden in de verschillende appartementen. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de oplossingen die het akoestische comfort waarborgen. Zodoende kan men vermijden dat debietveranderingen die aangestuurd worden door één appartement aanleiding zouden geven tot geluidshinder in één of meerdere andere appartementen.

3.4 C hal decentraal

3.4.1 Principe

Het basisprincipe is hetzelfde als voor het systeem C hal centraal (zie § 3.2, p. 30). De afvoer van elke ruimte wordt echter tot stand gebracht door middel van decentrale afvoerventilatoren. Het systeem C hal decentraal wordt voorgesteld in afbeelding 24.

Natuurlijke toevoeropening:

- in de hal op de laagste verdieping van de woning (bv. inkomhal).

Doorstroomopeningen:

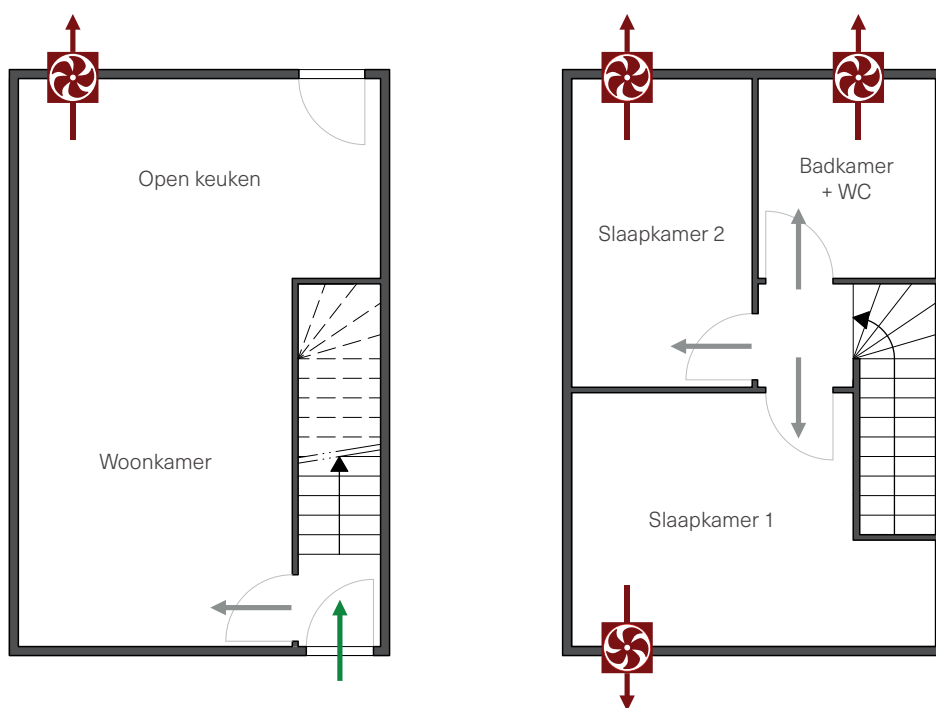
- naar de slaapkamers
- naar de woonkamer
- naar de dienstruimten.

Mechanische afvoeren:

- in de dienstruimten
- in de slaapkamers.

Opmerking

Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].



Afb. 24 System C hal decentraal.

3.4.2 Belangrijkste voordelen

Het systeem C hal decentraal heeft een aantal voordelen gemeen met het systeem C hal centraal.

In vergelijking met het systeem C hal centraal (zie § 3.2, p. 30) en het systeem C hal 1 zone slaapkamers (zie § 3.3, p. 36) biedt dit systeem echter de volgende bijkomende voordelen:

- installatiegemak, weinig interventies en geen ruimte vereist binnenin de woning

- afwezigheid van technische kokers en geen ruimte vereist voor een afvoergroep
- mogelijk beperkte installatiekosten in bepaalde gevallen, met name wanneer het aantal ruimten beperkt is
- mogelijke fasering van de werken: ruimte per ruimte of wanneer de decentrale afvoerventilatoren reeds aanwezig zijn.

3.4.3 Beperkingen

Het systeem C hal decentraal vertoont een zeker aantal specifieke beperkingen bovenop de nadelen van het systeem C hal centraal:

- alle ruimten moeten in contact staan met een buitengevel
- er zijn verschillende doorboringen in de gevel nodig voor de installatie van de afvoerventilatoren voor de slaapkamers en de dienstruimten
- het akoestische comfort van de slaapkamers is mogelijk moeilijk te bereiken omwille van de decentrale afvoerventilatoren
- er zijn vandaag de dag slechts weinig producten op de markt die toelaten om een toereikend akoestisch comfort (in de slaapkamers) en een voldoende doeltreffende regeling te verzekeren.

3.4.4 Technische oplossing

Het systeem C hal decentraal voor een woning is opgebouwd uit de volgende componenten:

- een decentrale afvoerventilator (zie afbeelding 25) voor elke slaapkamer en elke dienstruimte (in collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21). Deze ventilatoren zijn uitgerust met terugslagkleppen
- een natuurlijke toevoeropening die aangebracht is in de hal op de laagste verdieping van de woning, zoals bijvoorbeeld de inkomhal (in collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21). Deze opening mag gedimensioneerd worden voor een drukverschil van 10 Pa en voor het totale debiet van alle slaapkamers. De toevoer kan eventueel tot stand gebracht worden met twee afzonderlijke openingen op de laagste verdieping van het gebouw, waarbij er eentje gelegen is in de woonkamer en de andere in de inkomhal.



© Soler & Palau

Afb. 25 Voorbeelden van decentrale ventilatoren voor de afvoer van een systeem C hal decentraal of voor de mechanische doorstroom van bepaalde andere systemen.

3.4.5 Regeling

3.4.5.1 C hal decentraal – lokale regeling

De regeling is identiek aan deze van het systeem C hal centraal:

- de regeling is lokaal dankzij de aanwezigheid van een afzonderlijke afvoerventilator en een sensor in elke ruimte:
 - een CO₂-sensor voor elke slaapkamer en de keuken
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten.

3.4.6 Variant voor een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer

3.4.6.1 Doorkruiste woonkamer

In een woning met een doorkruiste woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) kunnen de varianten die voorgesteld werden voor het systeem C hal centraal (zie § 3.2.6, p. 33) in principe ook toegepast worden voor een systeem C hal decentraal.

3.4.6.2 Gesloten gescheiden woonkamer

In het geval van een woning met een gesloten gescheiden woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) bestaat de meest evidente oplossing erin om een bijkomende afvoer in de woonkamer aan te brengen. Deze bijkomende afvoerventilator wordt geregeld op basis van het CO₂-gehalte dat gedetecteerd wordt in de woonkamer.

3.5 C hal doorstroom

3.5.1 Principe

Het basisprincipe is hetzelfde als voor het systeem C hal centraal (zie § 3.2, p. 30). Bepaalde afvoeren worden echter vervangen door een mechanische doorstroom naar de andere ruimten (voor een aantal voorbeelden van mechanische doorstroomventilatoren, zie afbeelding 25, p. 41). Het systeem C hal doorstroom is voorgesteld in afbeelding 26.

In vergelijking tot bij de systemen C hal decentraal en centraal worden de afvoeren van een deel van de slaapkamers vervangen door een mechanische doorstroom naar bepaalde dienstruimten (badkamer, toiletten, wasruimte ...) die grenzen aan de overeenkomstige slaapkamers.

Natuurlijke toevoeropening:

- in de hal op de laagste verdieping van de woning (bv. inkomhal).

Doorstroomopeningen:

- naar de slaapkamers
- naar de woonkamer
- naar de dienstruimten.

Mechanische doorstromen:

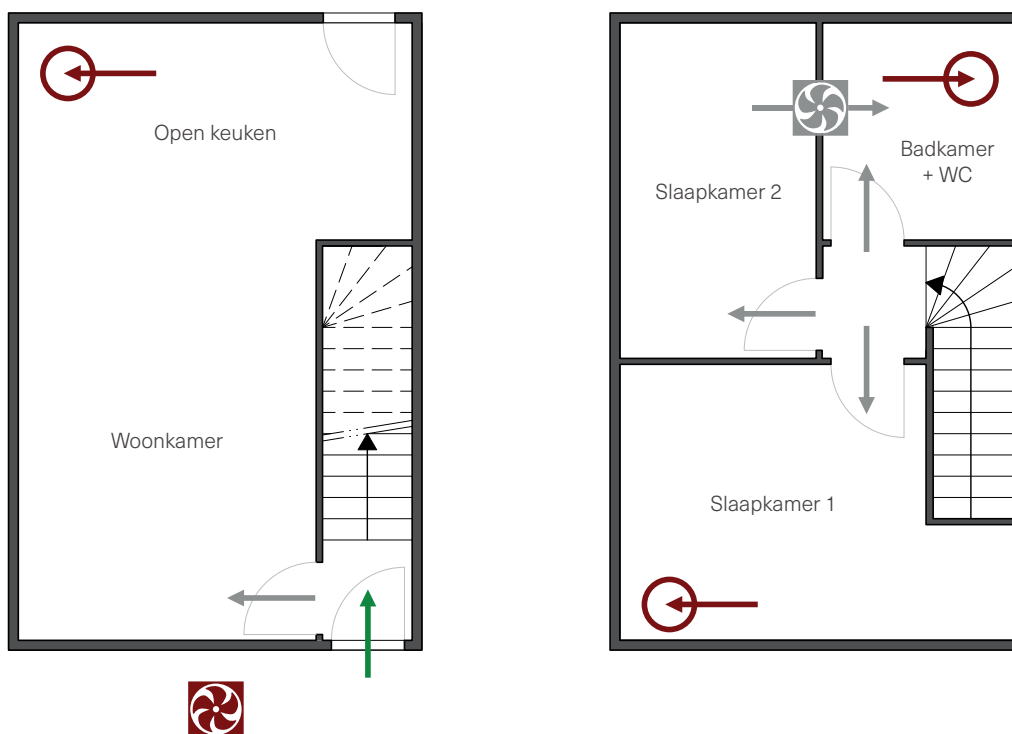
- van bepaalde slaapkamers naar bepaalde dienstruimten.

Mechanische afvoeren:

- in de dienstruimten
- in bepaalde slaapkamers.

Opmerking

Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].



Afb. 26 Systeem C hal doorstroom.

3.5.2 Belangrijkste voordelen

Het systeem C hal doorstroom heeft een aantal voordelen gemeen met het systeem C hal centraal.

In vergelijking met het systeem C hal centraal (zie § 3.2, p. 30) heeft het systeem C hal doorstroom als belangrijkste voordeel dat de lucht tussen de slaapkamers en de dienstruimten maximaal hergebruikt wordt (net zoals bij de klassieke systemen C en D), wat ertoe bijdraagt dat het totale debiet van het systeem vermindert.

3.5.3 Beperkingen

Het systeem C hal doorstroom heeft een aantal specifieke beperkingen bovenop de nadelen van het systeem C hal centraal:

- bepaalde slaapkamers moeten grenzen aan bepaalde dienstruimten
- in slaapkamers die uitgerust zijn met een mechanische doorstroom kan het akoestische comfort moeilijk te bereiken zijn
- er zijn momenteel slechts weinig producten op de markt die een toereikend akoestisch comfort (in de slaapkamers) en een voldoende doeltreffende regeling bieden.

3.5.4 Technische oplossingen

Het systeem C hal doorstroom voor een woning is opgebouwd uit de volgende componenten:

- een mechanische afvoergroep met sensoren en een lokale regeling, geïnstalleerd in een technische ruimte die zich idealiter in de nabijheid van de slaapkamers of de dienstruimten (bv. een zolder) bevindt
- een natuurlijke toevoeropening die geplaatst is in de hal van de laagste verdieping van de woning, zoals bijvoorbeeld de inkomhal (collectieve woongebouwen vertonen een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21). Deze opening mag gedimensioneerd worden voor een drukverschil van 10 Pa en voor het totale debiet van alle slaapkamers. De toevoer kan eventueel tot stand gebracht worden met twee afzonderlijke openingen op de laagste verdieping van de woning, waarbij er zich eentje bevindt in de woonkamer en de andere in de inkomhal
- decentrale doorstroomventilatoren tussen bepaalde slaapkamers en bepaalde dienstruimten
- een kanalennetwerk naar de andere slaapkamers en de dienstruimten
- ventielen in de andere slaapkamers en de dienstruimten
- een luchtuitlaat in een buitengevel (collectieve woongebouwen vertonen een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21).

3.5.5 Regeling

3.5.5.1 C hal doorstroom – lokale regeling

De regeling is lokaal voor elke ruimte:

- een CO₂-sensor voor de keuken
- een CO₂-sensor voor de slaapkamers voor de regeling van:
 - hetzij de afvoer van de slaapkamer naar buiten
 - hetzij de mechanische doorstroom van de slaapkamer naar een dienstruimte
- een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
- een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
- een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten.

In de dienstruimten waarnaar lucht doorgestroomd wordt vanuit een slaapkamer wordt de afvoer bovendien ook geregeld op basis van de behoeften die gedetecteerd worden in deze slaapkamer, zodanig dat het afvoerdebiet van de overeenkomstige dienstruimte ten minste gelijk is aan het mechanische doorstroomdebiet vanuit deze slaapkamer.

3.5.6 Variant voor een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer

In het geval van een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) zijn de varianten die voorgesteld werden voor het systeem C hal centraal (zie § 3.2.6, p. 33) in principe ook toepasbaar op het systeem C hal doorstroom.

3.5.7 Variant C hal doorstroom voor meerdere appartementen

Het systeem C hal doorstroom is eveneens verenigbaar met een gemeenschappelijke ventilatiegroep voor meerdere appartementen (zie § 2.7, p. 21, voor de brandveiligheid).

In principe kan de hiervoor beschreven regeling toegepast worden. De regeling van het gemeenschappelijke afvoerdebiet is gebaseerd op de hoogste behoeften die gedetecteerd worden in de verschillende appartementen. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de oplossingen die het akoestische comfort waarborgen. Zodoende kan men vermijden dat debietveranderingen die aangestuurd worden door één appartement aanleiding zouden geven tot geluidshinder in één of meerdere andere appartementen.

3.6 C zonaal met gemotoriseerde RTO

3.6.1 Principe

Het systeem C zonaal met gemotoriseerde RTO is voorgesteld in de afbeeldingen 27 en 28.

Natuurlijke toevoeropeningen, waaronder een aantal automatische:

- in de slaapkamers, eventueel automatisch
- in de woonkamer, altijd automatisch.

Doorstroomopeningen:

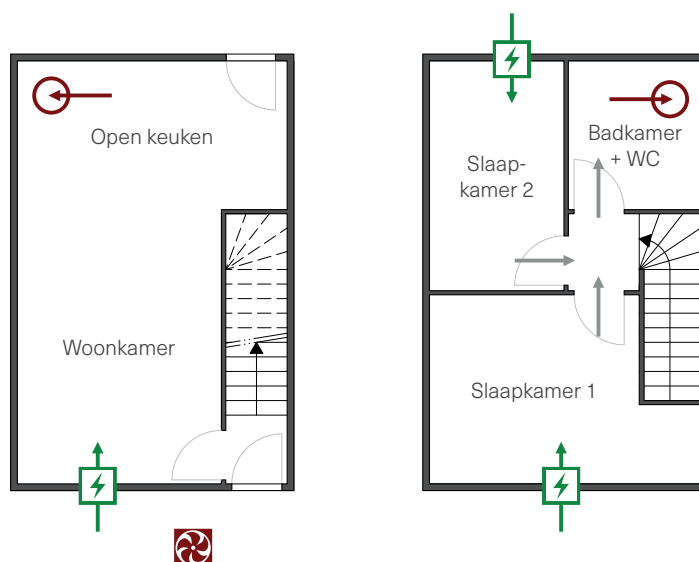
- naar de hallen
- naar de dienstruimten.

Mechanische afvoeren:

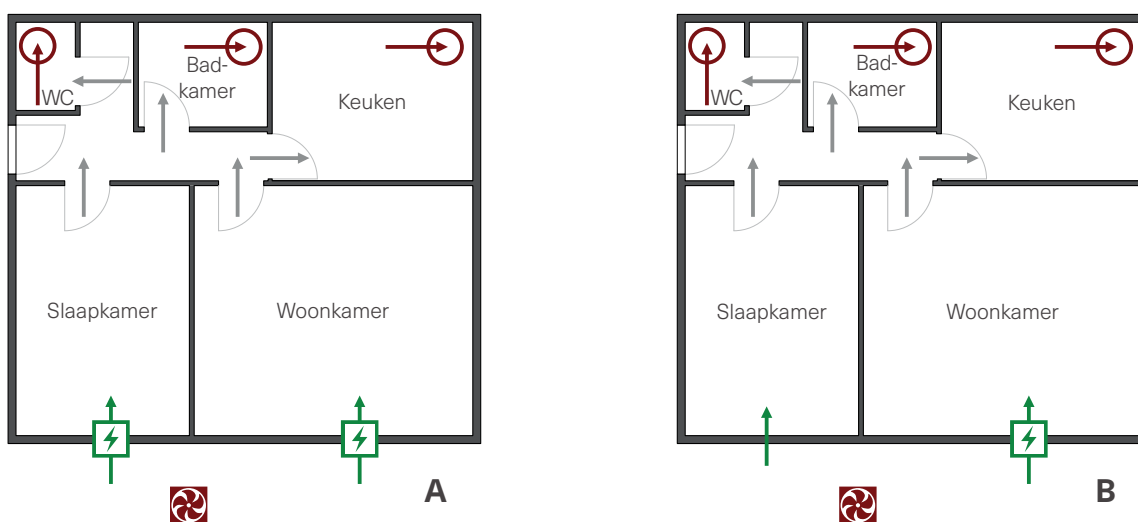
- in de dienstruimten.



Dit systeem is gevoelig voor de luchtdichtheid van de gebouwschil (zie § 3.6.3, p. 47).



Afb. 27 Systeem C zonaal met gemotoriseerde RTO voor een huis met twee verdiepingen.



Afb. 28 Systeem C zonaal voor een appartement met automatische RTO in de woonkamer en de slaapkamers (A) en enkel in de woonkamer (B).

Dit systeem verschilt van het klassieke systeem C omdat het uitgerust is met gemotoriseerde en automatische natuurlijke toevoeropeningen:

- in de slaapkamers en de woonkamer (zie afbeelding 28A, p. 46)
- in de woonkamer (zie afbeelding 28B, p. 46).

3.6.2 Belangrijkste voordelen

Het systeem C zonaal met gemotoriseerde RTO biedt de volgende voordelen:

- het is gemakkelijk toepasbaar in een woning met een gesloten gescheiden woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15), daar waar de systemen C hal en D cascade bijzondere varianten vereisen
- het laat bovendien ook een zekere regeling van de ventilatie in de leefruimten toe (woonkamer en slaapkamers) dankzij de automatische RTO, zonder dat er een bijkomende afvoer in de slaapkamers nodig is. Deze regeling is echter wel minder performant dan deze van het systeem C hal (zie §§ 3.2 tot 3.5, pp. 30 tot 43).

3.6.3 Beperkingen

Het systeem C zonaal met gemotoriseerde RTO vertoont de volgende beperkingen:

- de benodigde ruimte voor de mechanische componenten (ventilatiegroep en kanalen)
- het moet mogelijk zijn om natuurlijke toevoeropeningen aan te brengen in de slaapkamers en de woonkamer, waarbij minstens deze in de woonkamer automatisch moeten zijn
- het systeem is mogelijk gevoelig voor de luchtdichtheid van de gebouwschil:
 - indien n_{50} gelijk is aan of kleiner is dan 1 h^{-1} , dan kan het systeem in alle gevallen toegepast worden
 - indien n_{50} groter is dan 1 en gelijk is aan of kleiner is dan 3 h^{-1} , dan kan dit systeem enkel toegepast worden indien alle RTO zich in dezelfde gevel en op dezelfde verdieping bevinden (bv. in een appartement)
 - in alle andere gevallen is dit systeem af te raden.

3.6.4 Technische oplossing

Het systeem C zonaal met automatische RTO voor een woning is opgebouwd uit de volgende componenten:

- een mechanische afvoergroep (zie afbeelding 29, p. 48) met sensoren en een lokale regeling, geïnstalleerd in een technische ruimte die zich idealiter in de nabijheid van de dienstruimten bevindt (bv. een zolder)
- natuurlijke toevoeropeningen, aangebracht in de slaapkamers en de woonkamer, waarbij minstens deze in de woonkamer automatisch moeten zijn (zie § 3.6.5 hierna). In collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21. Deze openingen mogen gedimensioneerd worden voor een drukverschil van 10 Pa en voor het debiet van de ruimte die ze bedienen
- een kanalennetwerk naar de dienstruimten
- ventielen in de dienstruimten
- een luchtuitlaat in een buitengevel (in collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21).



Afb. 29 Componenten die de uitvoering van een systeem C zonaal met automatische RTO mogelijk maken (afvoergroep, regelkleppen en automatische RTO).

3.6.5 Regelingen

3.6.5.1 C zonaal – 2 zones slaapkamers en woonkamer

Deze regeling vertoont de volgende kenmerken:

- de regeling is lokaal voor de toevoer: de automatische RTO worden geregeld op basis van het CO₂-gehalte dat gedetecteerd wordt in de woonkamer en in elke slaapkamer
- de regeling van de afvoeren kan lokaal gebeuren in de dienruimten op basis van de behoeften die gedetecteerd worden door de sensoren:
 - een CO₂-sensor voor de keuken
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten
- in alle gevallen is de regeling van de afvoeren ook centraal. Dit gebeurt op basis van de som van de behoeften die gedetecteerd worden in de leefruimten. Dit laat toe om het referentiedebiet in een leefruimte te behalen wanneer de CO₂-grenswaarde in deze ruimte bereikt is.

3.6.5.2 C zonaal – 1 zone CO₂ woonkamer en CO₂ slaapkamers

Deze regeling vertoont de volgende kenmerken:

- de regeling is lokaal voor de toevoer in de woonkamer: de automatische RTO in de woonkamer worden geregeld op basis van het CO₂-gehalte dat gedetecteerd wordt in de woonkamer
- de regeling van de afvoeren kan lokaal zijn in de dienruimten op basis van de behoeften die gedetecteerd worden door de sensoren:
 - een CO₂-sensor voor de keuken
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten

- een bijkomende CO₂-sensor laat toe om de behoeften in de slaapkamers te detecteren. Deze kan op verschillende plaatsen geïnstalleerd worden:
 - in de hoofdslaapkamer
 - in de hal die uitgeeft op de slaapkamers
- in alle gevallen is de regeling van de afvoeren ook centraal. Dit gebeurt op basis van de grootste behoeften die gedetecteerd worden in de leefruimten (eventuele onrechtstreekse behoefte via de nachthal voor de slaapkamers). Dit laat toe om het totaal van de referentiedebieten van alle leefruimten te behalen wanneer de CO₂-grenswaarde bereikt is in één van deze ruimten (of onrechtstreeks in de nachthal).

3.6.5.3 C zonaal – 1 zone CO₂ woonkamer

Deze regeling vertoont de volgende kenmerken:

- de regeling is lokaal voor de toevoer in de woonkamer: de automatische RTO in de woonkamer worden geregeld op basis van het CO₂-gehalte dat gedetecteerd wordt in de woonkamer
- de regeling van de afvoeren kan lokaal zijn in de dienstruimten op basis van de behoeften die gedetecteerd worden door de sensoren:
 - een CO₂-sensor voor de keuken
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor (relatieve vochtigheid) en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten
- het minimale totale afvoerdebiet is gelijk aan het totaal van de referentiedebieten van de slaapkamers. Dit minimale debiet verzekert een toereikende ventilatie van de slaapkamers indien er geen rechtstreekse of onrechtstreekse detectie van de behoeften in de slaapkamers is
- in alle gevallen is de regeling van de afvoeren ook centraal. Dit gebeurt op basis van de behoeften die gedetecteerd worden in de woonkamer. Dit laat toe om het totaal van de referentiedebieten van alle leefruimten te behalen wanneer de CO₂-grenswaarde bereikt is in de woonkamer.

3.6.6 Decentrale variant

Het systeem C zonaal is eveneens toepasbaar met decentrale afvoerventilatoren in de dienstruimten (voor een voorbeeld van een decentraal systeem, zie § 3.4, p. 40).

De hiervoor vermelde regelingen zijn van toepassing. De centrale regeling van de afvoeren op basis van de behoeften die gedetecteerd worden in de leefruimten vereist een communicatie tussen de systeemcomponenten (CO₂-sensoren en decentrale ventilatoren) en kan op verschillende manieren tot stand gebracht worden:

- proportionele en gelijktijdige verhoging van het debiet van alle afvoerventilatoren
- verhoging van het afvoerdebiet van één enkele ventilator (bv. in de badkamer of de keuken) die zodanig gedi-mensionneerd moet worden dat hij de afvoer van het totale ontwerpdebiet van alle slaapkamers kan realiseren.

3.6.7 Centrale variant voor meerdere appartementen

Het systeem C zonaal is eveneens verenigbaar met een gemeenschappelijke ventilatiegroep voor meerdere appartementen (zie § 2.7 met betrekking tot de brandveiligheid, p. 21).

In principe zijn de hiervoor beschreven regelingen van toepassing. De regeling van het gemeenschappelijke afvoerdebiet is gebaseerd op de hoogste behoeften die gedetecteerd worden in de verschillende appartementen. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de oplossingen die het akoestische comfort waarborgen. Zodoende kan men vermijden dat debietveranderingen die aangestuurd worden door één appartement aanleiding zouden geven tot geluidshinder in één of meerdere andere appartementen.

3.7 C cascade

3.7.1 Principe

Het systeem C cascade is voorgesteld in afbeelding 30.

Natuurlijke toevoeropening:

- in de slaapkamers.

Doorstroomopeningen:

- naar de hallen
- naar de woonkamer
- naar de dienstruimten.

Mechanische afvoeren:

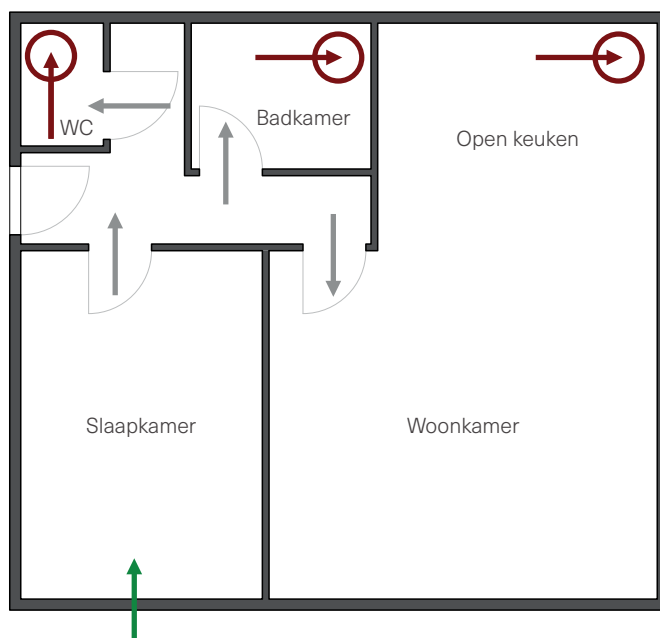
- in de dienstruimten.

Opmerking

Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].



Dit systeem is gevoelig voor de luchtdichtheid van de gebouwschil (zie § 3.6.3, p. 47).



Afb. 30 Systeem C cascade in een appartement.

Het systeem C cascade gebruikt dezelfde strategie als het systeem D cascade (zie § 3.1, p. 23) met een vrije doorstroom vanuit de slaapkamers naar de hal en de woonkamer en omvat geen enkele rechtstreekse toevoer in de woonkamer. Het systeem C cascade is echter gevoeliger dan het systeem D cascade aangezien het sterk afhankelijk is van de natuurlijke toevoeropeningen in de slaapkamers.

3.7.2 Belangrijkste voordelen

Het systeem C cascade vertoont de volgende voordelen:

- het is gemakkelijker toepasbaar in een woning met een gesloten gescheiden woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) daar waar de systemen C hal en D cascade bijzondere varianten vereisen

- een verlaagd totaal ontwerpdebiet. In bepaalde gevallen kan dit systeem zelfs werken met een constant verlaagd debiet zonder dat er nood is aan een vraaggestuurde ventilatie. Indien er een vraaggestuurde ventilatie nodig is (zoals voor een gesloten gescheiden woonkamer, zie § 3.7.6, p. 53) dan is de lokale regeling gemakkelijker toe te passen met een systeem C cascade dan met een systeem D cascade
- in bepaalde gevallen een mogelijk beperkte installatiekost, met name wanneer het aantal slaapkamers beperkt is.

3.7.3 Beperkingen

Het systeem C cascade vertoont de volgende beperkingen:

- de ruimte die nodig is voor de mechanische componenten (ventilatiegroep en kanalen)
- de noodzaak om natuurlijke toevoeropeningen aan te brengen in de slaapkamers.

Dit systeem kan beïnvloed worden door de luchtdichtheid van de gebouwschil. De afwezigheid van een rechtstreekse mechanische ventilatie in de slaapkamers maakt dat het systeem gevoelig is vanuit het oogpunt van de luchtdichtheid. Om de goede luchtkwaliteit in de slaapkamers te waarborgen, strekt het echter tot aanbeveling om de volgende twee oplossingen in acht te nemen:

- de toepassing van dit systeem moet beperkt worden tot woningen met een zeer goede luchtdichtheid (n_{50} gelijk aan of kleiner dan 1 h^{-1})
- de toepassing van dit systeem moet beperkt worden tot woningen waarvan alle natuurlijke toevoeropeningen zich in eenzelfde gevel van de laagste verdieping bevinden (bv. appartement met één verdieping).

3.7.4 Technische oplossing

Het systeem C cascade voor een woning is opgebouwd uit de volgende componenten:

- een mechanische afvoergroep met sensoren en een centrale of lokale regeling (zie § 3.7.5 hierna), geïnstalleerd in een technische ruimte die zich idealiter in de nabijheid van de dienstruimten bevindt (bv. een zolder)
- natuurlijke toevoeropeningen geplaatst in de slaapkamers (in collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21). Deze openingen mogen gedimensioneerd worden voor een drukverschil van 10 Pa en voor het debiet van de ruimte die ze bedienen
- een kanalennetwerk naar de dienstruimten
- ventielen in de dienstruimten
- een luchtuitlaat in een buitengevel (in collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21).

3.7.5 Regelingen

3.7.5.1 Centrale regeling – CO₂ woonkamer

Deze regeling wordt als volgt gekenmerkt:

- de regeling is centraal voor de afvoer
- het systeem wordt geregeld tussen een minimaal en een maximaal debiet
- het minimale debiet stemt minstens overeen met het totaal van de toevoer van de slaapkamers en ten minste met $\frac{1}{3}$ van het maximale totale ontwerpdebiet. Dit minimale debiet verzekert op permanente basis een toereikende ventilatie van de slaapkamers
- een CO₂-sensor in de woonkamer laat toe om het debiet proportioneel te laten variëren tussen dit minimale debiet en het maximale ontwerpdebiet
- de detectie van de behoeften in de dienstruimten is niet noodzakelijk.

3.7.5.2 Lokale regeling – dienstruimten

Deze regeling wordt als volgt gekenmerkt:

- de regeling is lokaal voor de ruimten die uitgerust zijn met een afvoer dankzij een automatische klep en een sensor voor elke afvoerruimte:
 - een CO₂-sensor voor de keuken en de eventuele gesloten gescheiden woonkamers
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten
- het minimale totale afvoerdebiet stemt overeen met het totaal van de referentiedebieten van de slaapkamers zodanig dat er hier op permanente basis een toereikende ventilatie verzekerd wordt.

3.7.5.3 Lokale regeling – klok slaapkamer

Deze regeling wordt als volgt gekenmerkt:

- de regeling is lokaal voor de ruimten die uitgerust zijn met een afvoer dankzij een automatische klep en een sensor voor elke afvoerruimte:
 - een CO₂-sensor voor de keuken en de eventuele gesloten gescheiden woonkamers
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten
- het minimale debiet stemt ten minste overeen met $\frac{1}{3}$ van het totaal van de toevoer voor de slaapkamers
- een centrale regeling van de afvoeren, onder de vorm van een geprogrammeerde klokfunctie, vervolledigt de lokale regeling. Het totale afvoerdebiet stemt ten minste overeen met het totaal van de referentiedebieten van de slaapkamers gedurende de nacht (bv. tussen 20h en 8h).

3.7.5.4 Lokale regeling – CO₂ slaapkamers

Deze regeling wordt als volgt gekenmerkt:

- de regeling is lokaal voor de ruimten die uitgerust zijn met een afvoer dankzij een automatische klep en een sensor voor elke afvoerruimte:
 - een CO₂-sensor voor de keuken en de eventuele gesloten gescheiden woonkamers
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten
- een centrale regeling van de afvoeren, op basis van een rechtstreekse of onrechtstreekse detectie van de behoeften in de slaapkamers, vervolledigt de lokale regeling:
 - het minimale debiet stemt ten minste overeen met $\frac{1}{3}$ van het totaal van de toevoer van de slaapkamers
 - één of meerdere CO₂-sensoren zorgen ervoor dat het totale afvoerdebiet ten minste overeenstemt met het totaal van de referentiedebieten van de slaapkamers wanneer de grenswaarde voor de CO₂-sensor(en) bereikt is. Deze sensor(en) kan/kunnen op verschillende plaatsen aangebracht worden:
 - ♦ in de hal die uitgeeft op alle slaapkamers
 - ♦ in de hoofdslaapkamer
 - ♦ in elke slaapkamer. Enkel in dit geval mag het minimale debiet verlaagd worden tot $\frac{1}{10}$ van het totaal van de toevoer van de slaapkamers.

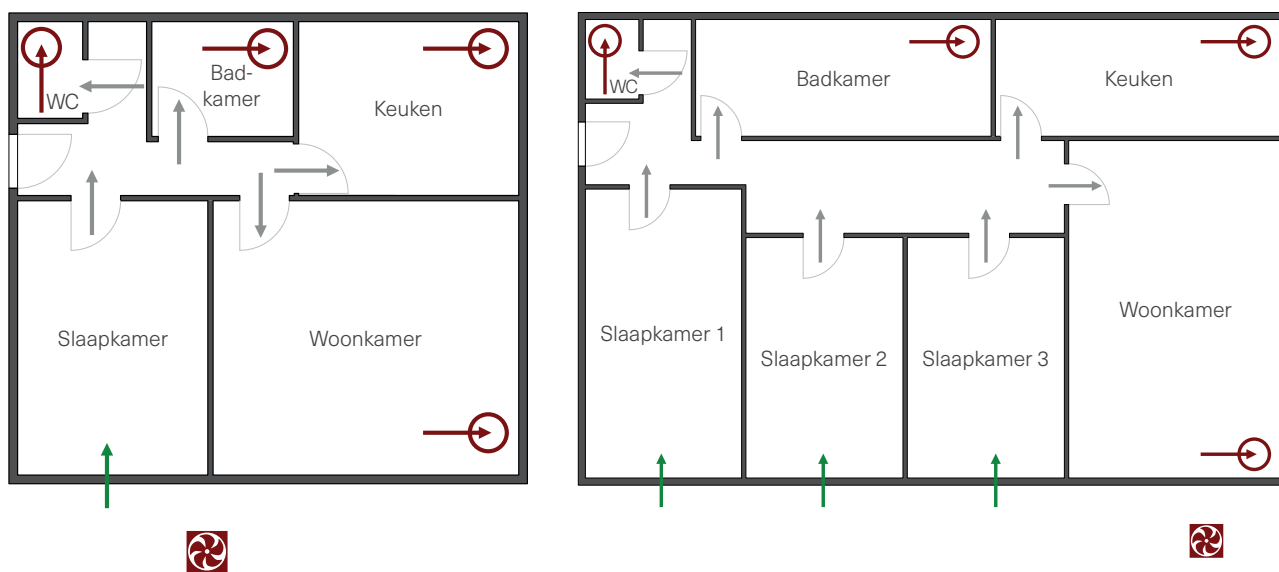
3.7.6 Variant voor een woning met een doorkruiste woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer

3.7.6.1 Doorkruiste woonkamer

In het geval van een doorkruiste woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) zal de afwezigheid van een rechtstreekse mechanische ventilatie in de woonkamer het systeem gevoelig maken vanuit het oogpunt van de luchtdichtheid. Om de goede luchtkwaliteit in de woonkamer te waarborgen, strekt het tot aanbeveling om de hierna beschreven oplossing toe te passen (bovenop deze die reeds aangereikt werden in § 3.7.3, p. 51). Ze bestaat erin om een permanente doorstroomopening met grote afmetingen (oppervlakte van minimum 1 m²) te realiseren tussen de doorkruiste woonkamer en de keuken of de dienstruimten die voorzien zijn van een mechanische afvoer. Deze opening kan bijvoorbeeld de vorm aannemen van een deuropening zonder deur.

3.7.6.2 Gesloten gescheiden woonkamer

In een woning met een gesloten gescheiden woonkamer (zie § 2.2.4, p. 15) bestaat de meest evidente oplossing erin om een bijkomende afvoer toe te voegen in de woonkamer, die lokaal geregeld wordt op basis van het CO₂-gehalte dat gedetecteerd wordt in de woonkamer (zie afbeelding 31).



Afb. 31 Mogelijke varianten van een systeem C cascade in twee appartementen met een gesloten gescheiden woonkamer dankzij bijkomende mechanische afvoeren.

3.7.7 Decentrale variant

Het systeem C cascade is eveneens toepasbaar met decentrale afvoerventilatoren in de dienstruimten en, in voorkomend geval, de woonkamer (voor een voorbeeld van een decentraal systeem, zie § 3.4, p. 40).

De hiervoor beschreven lokale regelingen kunnen toegepast worden. De centrale regeling van de afvoeren op basis van de behoeften die gedetecteerd worden in de slaapkamers vereist een communicatie tussen de

systeemcomponenten (CO₂-sensoren en decentrale ventilatoren) en kan op verschillende manieren tot stand gebracht worden:

- proportionele en gelijktijdige verhoging van het afvoerdebiet van alle ventilatoren
- verhoging van het afvoerdebiet van één enkele ventilator (bv. in de badkamer of de keuken), die zodanig gedimensioneerd moet worden dat hij de afvoer van het totale ontwerpdebiet van alle slaapkamers kan verwezenlijken.

3.7.8 Centrale variant voor meerdere appartementen

Het systeem C cascade is eveneens verenigbaar met een gemeenschappelijke ventilatiegroep voor meerdere appartementen (zie § 2.7, p. 21, omtrent de brandveiligheid).

In principe zijn de verschillende hiervoor beschreven regelingen toepasbaar. De centrale regeling is gebaseerd op de hoogste behoeften die gedetecteerd worden in de verschillende appartementen. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan de oplossingen die het akoestische comfort waarborgen. Zodoende kan men vermijden dat debietveranderingen die aangestuurd worden door één appartement aanleiding zouden geven tot geluidshinder in één of meerdere andere appartementen.

3.8 C cascade met mechanische doorstromen

3.8.1 Principe

Natuurlijke toevoeringen:

- in de slaapkamers.

Mechanische doorstroom vanuit elke slaapkamer (voor voorbeelden van mechanische doorstroomventilatoren, zie afbeelding 25, p. 41):

- naar de hallen
- naar een woonkamer, rechtstreeks
- naar een dienstruimte, rechtstreeks.

Vrije doorstroom vanuit de hallen:

- naar de woonkamer, in voorkomend geval
- naar de dienstruimten.

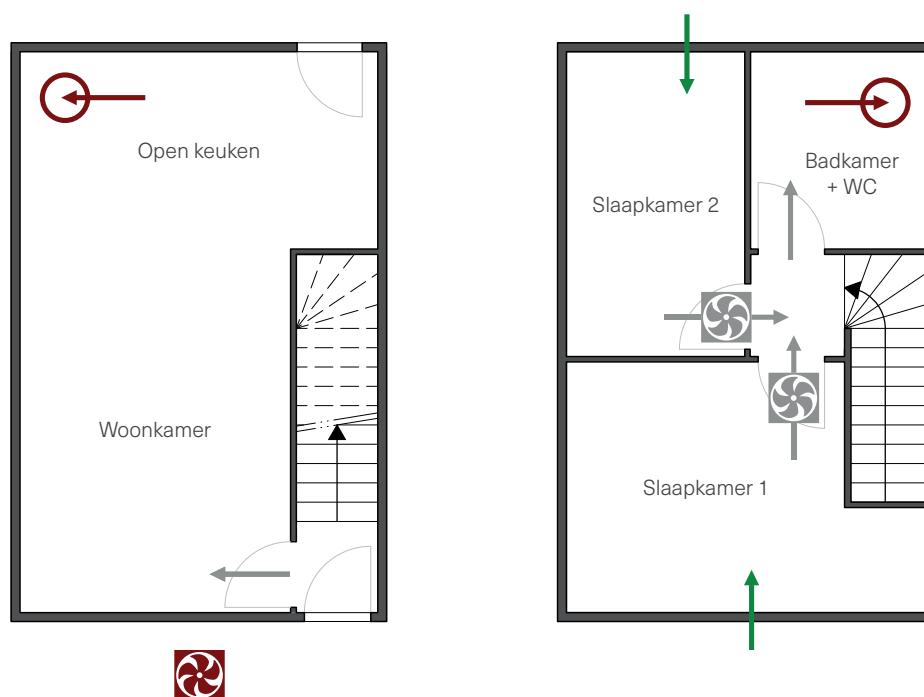
Mechanische afvoeren:

- in de dienstruimten.

Het systeem C cascade met mechanische doorstromen is afgeleid van het systeem C cascade en laat toe om de invloed van de luchtdichtheid waaraan het systeem C cascade onderhevig is, te beperken (zie afbeelding 32).

Opmerking

Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].



Afb. 32 Systeem C cascade met mechanische doorstromen van de slaapkamers naar de hal.

3.8.2 Belangrijkste voordelen

Dit systeem verschilt van het systeem C cascade omdat het het voordeel biedt dat het een betrouwbare ventilatie waarborgt in de slaapkamers, onafhankelijk van de kwaliteit van de luchtdichtheid van de gebouwschil.

3.8.3 Beperkingen

Het systeem C cascade met mechanische doorstromen vertoont de volgende beperkingen:

- de ruimte die nodig is voor de mechanische componenten (ventilatiegroep en kanalen)
- de noodzaak om natuurlijke toevoeropeningen aan te brengen in de slaapkamers
- het akoestische comfort van de slaapkamers is mogelijk moeilijk te bereiken omwille van de aanwezigheid van de mechanische doorstroomventilator
- er zijn vandaag de dag slechts weinig producten op de markt beschikbaar die toelaten om een toereikend akoestisch comfort (in de slaapkamers) en een voldoende doeltreffende regeling te waarborgen.

3.8.4 Technische oplossing

Het systeem C cascade met mechanische doorstromen is opgebouwd uit dezelfde componenten als het systeem C cascade en uit een doorstroomventilator in de wand die elke slaapkamer van een andere ruimte scheidt.

3.8.5 Regeling

In principe zijn de regelingen gelijkaardig aan deze van het systeem C cascade (zie § 3.7.5, p. 51).

De mechanische doorstromen worden geregeld op basis van het CO₂-gehalte dat gedetecteerd wordt in de overeenkomstige slaapkamer.

3.8.6 Variant voor een woning met een gesloten gescheiden keuken

Zie C cascade, § 3.7.6, p. 53.

3.8.7 Decentrale variant

Zie C cascade, § 3.7.7, p. 53.

3.8.8 Centrale variant voor meerdere appartementen

Zie C cascade, § 3.7.8, p. 54.

3.9 D klassiek

In een renovatiecontext biedt het klassieke systeem D als enige voordeel dat het toegepast kan worden in het geval dat het systeem D cascade niet (gemakkelijk) toepasbaar is (bv. zoals in een woning met een gesloten gescheiden woonkamer).

Voor meer informatie omtrent het klassieke systeem D verwijzen we naar de norm NBN D 50-001 [B4] en naar de [TV 258](#) [B3].

3.10 C klassiek

In een renovatiecontext vertoont het klassieke systeem C geen echt voordeel ten opzichte van de andere systemen die beschreven worden in dit document.

Voor meer informatie omtrent het klassieke systeem C verwijzen we naar de norm NBN D 50-001 [B4] en naar de [TV 258](#) [B3].

3.11 C bijkomende afvoeren in de slaapkamers

In een renovatiecontext biedt het systeem C met bijkomende afvoeren in de slaapkamers geen echt voordeel ten opzichte van de andere systemen die beschreven worden in dit document, in het bijzonder de systemen C hal.

3.12 D decentraal

3.12.1 Principe

Het systeem D decentraal is opgebouwd uit een mechanische toevoer en een mechanische afvoer in één en dezelfde ruimte.

Dit systeem bestaat uit decentrale balansventilatie-eenheden met warmteterugwinning. Deze eenheden zorgen voor de mechanische toevoer en de mechanische afvoer in elke ruimte.

Dit systeem kan interessant zijn voor de ventilatie van bijzondere ruimten, als aanvulling op een ander basisstelsel voor de rest van de woning. Een bijzondere ruimte kan overeenstemmen met:

- een bijkomende leefruimte of woonkamer, eventueel excentrisch ten opzichte van de rest van de woning (bv. veranda of bijgebouw)
- een leefruimte, bestemd voor een bijzonder gebruik (bv. een bureau of een hobbyatelier).

Hoewel dit systeem in theorie toepasbaar is in een volledige woning, vertoont het wel een aantal beperkingen voor een dergelijke configuratie:

- het aantal individuele eenheden is gelijk aan het aantal ruimten van de woning, zodat de totale installatiekosten potentieel hoger kunnen liggen
- het systeem is minder geschikt voor de dienstruimten (bv. badkamer, toiletten, wasruimte) evenals voor de circulatieruimten (hallen, trappen ...) waarvoor er bijvoorbeeld een bijkomend mechanisch afvoersysteem vereist kan zijn.

In een volledige woning kan het systeem D decentraal in de leefruimten gecombineerd worden met decentrale afvoeren in de dienstruimten (voor voorbeelden van decentrale ventilatoren, zie afbeelding 25, p. 41).

3.12.2 Belangrijkste voordelen

Het systeem D decentraal vertoont de volgende voordelen:

- het laat toe om een bijzondere ruimte (bv. excentrisch gelegen of met een bijzonder gebruik) onafhankelijk van het basisventilatiesysteem van de woning te ventileren
- het is eenvoudig lokaal te installeren (bv. geen kanalen, technische ruimte)
- het debiet is gemakkelijk lokaal te regelen (vraaggestuurde ventilatie).

3.12.3 Beperkingen

De wand moet in contact staan met de buitenomgeving en moet soms doorboord worden.

3.12.4 Technische oplossing

Dit systeem is opgebouwd uit decentrale eenheden voor elke ruimte en verzekert zowel de mechanische toevoer als de mechanische afvoer (in collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7, p. 21). Op de markt zijn er verschillende systemen met warmteterugwinning beschikbaar:

- een decentrale eenheid met een platenwarmtewisselaar (zie afbeelding 33)
- een eenheid met twee modules met een regeneratieve warmtewisselaar met accumulator.



Afb. 33 Voorbeeld van een systeem D decentraal met een platenwarmtewisselaar.

3.12.5 Regeling

3.12.5.1 D decentraal – lokale regeling

Deze regeling wordt als volgt gekenmerkt:

- lokale regeling op basis van een CO₂-sensor per eenheid, geplaatst in een leefruimte.

3.13 Automatische vensters

3.13.1 Principe

Opmerking

Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].

De automatische venstersystemen zijn opgebouwd uit een natuurlijke toevoer en een natuurlijke afvoer in één en dezelfde ruimte.

Dit systeem bestaat uit vensters met een gemotoriseerd openingsstelsel dat geregeld wordt op basis van vraaggestuurde ventilatiesensoren (bv. CO₂-sensor).

Hoewel dit systeem in theorie toepasbaar is in een volledige woning, vertoont het wel een aantal beperkingen voor een dergelijke configuratie:

- het aantal gemotoriseerde vensters is gelijk aan (of groter dan) het aantal ruimten van de woning, waardoor de totale installatiekosten potentieel hoger kan zijn
- er bestaat een risico op thermisch ongemak omwille van tocht in bepaalde ruimten.

In een volledige woning kan het systeem met automatische vensters in de leefruimten gecombineerd worden met decentrale afvoeren in de dienruimten (voor voorbeelden van decentrale ventilatoren, zie afbeelding 25, p. 41).

Dit systeem kan ook interessant zijn voor de ventilatie van bijzondere ruimten, als aanvulling op een ander basisventilatiesysteem voor de rest van de woning. Een bijzondere ruimte kan overeenstemmen met:

- een leefruimte, eventueel excentrisch ten opzichte van de rest van de woning (bv. een slaapkamer onder een hellend dak)
- een leefruimte, bestemd voor een bijzonder gebruik (bv. een bureau of een hobbyatelier).

3.13.2 Belangrijkste voordelen

Het automatische venstersysteem biedt de volgende voordelen:

- het laat toe om een bijzondere ruimte (bv. excentrisch gelegen of met een bijzonder gebruik) onafhankelijk van het basisventilatiesysteem van de woning te ventileren
- het is eenvoudig lokaal te installeren (bv. geen kanalen, technische ruimte)
- het debiet is gemakkelijk lokaal te regelen (vraaggestuurde ventilatie).

3.13.3 Beperkingen

Het automatische venstersysteem vertoont de volgende beperkingen:

- het is enkel bedoeld voor een bijzondere ruimte
- het venster moet uitgeven op de buitenomgeving en moet uitgerust kunnen worden met een gemotoriseerd openingsstelsel
- het thermische comfort en het akoestische comfort zijn moeilijk te bereiken
- andere beperkingen: veiligheid, bescherming tegen slechte weersomstandigheden ...

3.13.4 Technische oplossing

Dit systeem, dat beperkt is tot één ruimte, is opgebouwd uit één of meerdere vensters die uitgerust zijn met een gemotoriseerd automatisch openingssysteem (zie afbeelding 34). Er zijn verschillende specifieke modellen voor dakvensters op de markt verkrijgbaar.



Afb. 34 Automatisch (dak)venstersysteem.

3.13.5 Regeling

3.13.5.1 Automatische vensters – lokale regeling

Deze regeling wordt als volgt gekenmerkt:

- een lokale regeling op basis van een CO₂-sensor voor de leefruimten
- een lokale regeling op basis van een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de dienst ruimten.

4 Toepassingsvoorbeelden

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de verschillende voorgestelde systemen geïllustreerd aan de hand van **concrete voorbeeldwoningen**. Ze laten toe om situaties te tonen die zich bijzonder goed lenen voor de in dit document voorgestelde systemen, zonder daarbij eventuele **alternatieven** uit te sluiten.

Bovendien zijn in elk voorbeeld de resultaten van een **numerieke simulatie** hernomen. Aan de hand hiervan is het mogelijk om de prestaties van de systemen aan te tonen op het vlak van luchtkwaliteit, de gemiddelde behaalde debieten en de verschillende regelingen. Deze resultaten, die voorgesteld worden onder de vorm van twee **grafieken**, illustreren twee **typische gebruiksprofielen**:

- het eerste profiel is **intensief** aangezien de bewoners de ganse tijd in de woning aanwezig zijn. Aan de hand van dit profiel kan een intensief gebruik van het ventilatiesysteem geïllustreerd worden. In de praktijk gaat het hier om het gebruik van een woning door personen die zeer vaak aanwezig zijn, zoals ouderen of een familie tijdens een vakantieperiode
- het tweede profiel is **beperkt** aangezien de bewoners overdag afwezig zijn (bv. werk, school) en voornamelijk 's avonds en in het weekend thuis zijn. Dit profiel illustreert het potentieel van een debietverlaging voor bepaalde systemen bij een beperkt gebruik van de woning.

In de simulatieresultaten werd er ook rekening gehouden met de volgende twee **referentiesystemen**:

- een volledig mechanisch systeem van het type D dat gedimensioneerd werd voor het referentiedebiet dat beschreven werd in § 2.2 (p. 13) en continu op dit debiet werkt
- een volledig mechanisch systeem van het type D dat gedimensioneerd werd voor het referentiedebiet dat beschreven werd in § 2.2 (p. 13) en uitgerust is met een lokale regeling van alle toevoer- en afvoeropeningen dankzij een geschikte detectie in elke ruimte, zoals beschreven in Bijlage A (p. 77).

In de grafieken uit dit hoofdstuk zijn de resultaten van een aantal numerieke simulaties hernomen waarbij:

- de horizontale as het **gemiddelde totale debiet** van de beproefde systemen voorstelt en rekening houdt met de regeling en de eventuele infiltraties via de lekken in de gebouwschil. De voorgestelde resultaten stemmen overeen met een **zeer goede luchtdichtheid** (n_{50} van 1 h^{-1})
- de verticale as de **blootstelling van de bewoners aan CO₂** voorstelt volgens een luchtkwaliteitscriterium (hier aangegeven zonder numerieke waarde). Een lage waarde op deze as duidt op een **zeer goede luchtkwaliteit**, terwijl een hoge waarde erop wijst dat de luchtkwaliteit minder goed is. De gestippelde rechten stellen de waarde van deze luchtkwaliteitsindicator voor en dit, voor een permanente mechanische toevoer van $25 \text{ m}^3/\text{h}$, $17,5 \text{ m}^3/\text{h}$ en $12,5 \text{ m}^3/\text{h}$ per persoon (d.w.z. 100 %, 70 % en 50 % van een debiet van $25 \text{ m}^3/\text{h}$ per persoon). Zodoende laten ze toe om de luchtkwaliteit van de beproefde systemen te vergelijken bij deze verschillende referentiedebieten.

Opmerking

De verlaagde debieten die voorgesteld worden in de grafieken uit dit hoofdstuk zijn niet de enige bepalende factor voor de energieprestatie van de betrokken systemen. In het geval van de varianten van het systeem D zorgt de warmteterugwinning ervoor dat het energieverbruik voor de verwarming door het ventilatiesysteem nog meer beperkt kan worden.

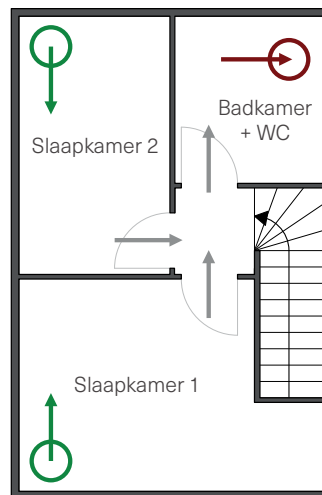
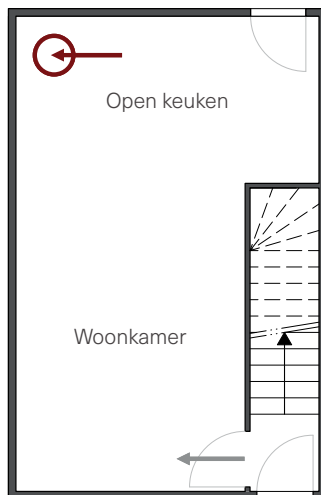
4.2 D cascade of C hal in een middelgrote woning

In het algemeen zijn de systemen D cascade en C hal geschikt voor het merendeel van de middelgrote woningen. Het gaat hier onder meer om huizen of appartementen met meerdere slaapkamers en enkele dienstruimten.

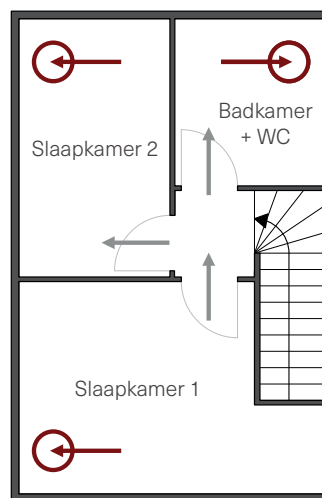
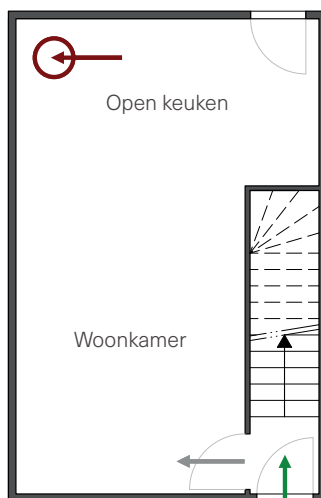
Deze twee systemen zijn gemakkelijker toepasbaar in geval van een open keuken die uitgeeft op de woonkamer. De uitvoering ervan is echter ook mogelijk in bepaalde configuraties met een gesloten keuken en een doorkruiste woonkamer.

De keuze tussen deze twee systemen is afhankelijk van verschillende elementen en dan vooral van het project en de bouwheer. De voordelen en beperkingen van elk van deze systemen worden beschreven in de technische fiches (zie hoofdstuk 3, p. 23) en kunnen helpen bij het maken van een keuze.

De afbeeldingen 35 en 36 illustreren een voorbeeld van een middelgrote woning voor de systemen D cascade en C hal. Het huis telt twee ingerichte verdiepingen en omvat twee slaapkamers, een badkamer en een woonkamer met een open keuken.



Afb. 35 Systeem D cascade toegepast op een middelgroot huis met twee verdiepingen.



Afb. 36 Systeem C hal toegepast op een middelgroot huis met twee verdiepingen.

De referentiedebieten (m^3/h) van het systeem D cascade dat toegepast werd in dit huis, zijn de volgende:

- toevoer:
 - kamer 1: 50
 - kamer 2: 25
- afvoer:
 - badkamer: 50
 - keuken: 75 (= referentiedebiet van de woonkamer dat gelijk is aan het totaal van de slaapkamers)
- maximum totaal: 125.

De referentiedebieten (m^3/h) van het systeem C hal dat toegepast werd in dit huis, zijn de volgende:

- toevoer in de hal, gedimensioneerd voor $75 \text{ m}^3/\text{h}$ (wat gelijk is aan het totaal van de slaapkamers)
- afvoer:
 - slaapkamer 1: 50
 - slaapkamer 2: 25
 - badkamer: 50
 - keuken: 75 (= referentiedebiet van de woonkamer dat gelijk is aan het totaal van de slaapkamers)
- totaal: 200.

In deze woning met twee slaapkamers bedraagt het ontwerpdebiet $125 \text{ m}^3/\text{h}$ voor het systeem D cascade en $200 \text{ m}^3/\text{h}$ voor het systeem C hal, tegenover $150 \text{ m}^3/\text{h}$ voor een klassiek systeem C of D.

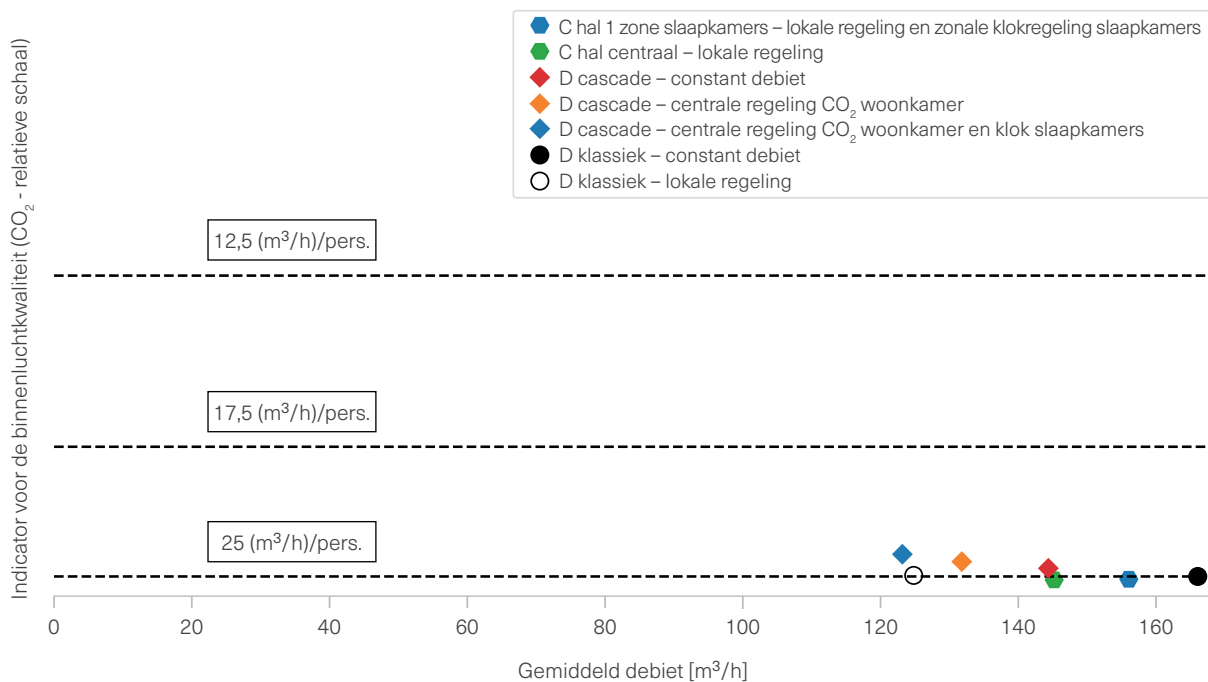
In de praktijk kan het systeem D cascade tot stand gebracht worden door een (kleine) balansventilatiegroep (met toevoer en afvoer) in een technische ruimte die beschikt over een gemakkelijke toegang naar de slaapkamers (bv. een zolder). Dit systeem kan eenvoudig en doeltreffend gecontroleerd worden, door bijvoorbeeld de combinatie van een centrale regeling van de toevoer- en afvoerdebieten, steeds in balans, met de volgende varianten:

- centrale regeling – constant debiet of handmatig (zie § 3.1.5.2, p. 26)
- centrale regeling – CO_2 woonkamer (zie § 3.1.5.3, p. 26)
- centrale regeling – CO_2 woonkamer en klok slaapkamers (zie § 3.1.5.4, p. 26).

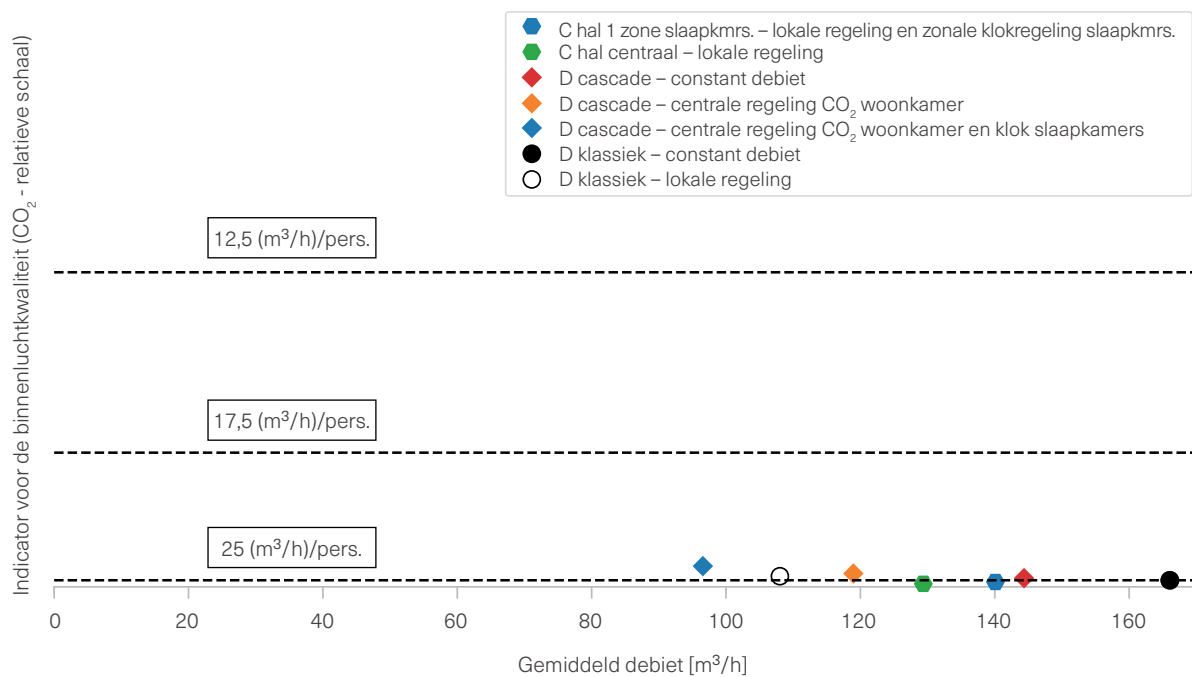
Het systeem C hal kan op verschillende manieren tot stand gebracht worden:

- het systeem C hal centraal vereist de installatie van een centrale afvoergroep in een technische ruimte die gemakkelijk toegang geeft tot de slaapkamers (bv. een zolder). Dit systeem kan zeer doeltreffend gecontroleerd worden door tezelfdertijd een lokale regeling toe te passen die er bijvoorbeeld in bestaat om voor elke afvoer een individuele klep te installeren, en een regeling zoals beschreven in § 3.2.5.1 (p. 33)
- het systeem C hal 1 zone slaapkamers is voordeliger. Het vereist de installatie van een kleine centrale afvoergroep, die enkel bestemd is voor de slaapkamers, en de plaatsing van decentrale afvoerventilatoren in de dienstruimten. Een variant van de regeling van dit systeem, waarbij er gebruikgemaakt wordt van een klok voor de slaapkamers, is beschreven in § 3.3.5.1 (p. 38).

De afbeeldingen 37 en 38 stellen de gemiddelde gebruiksdebieten (verkregen door numerieke simulatie) van de systemen D cascade en C hal in een middelgrote woning voor, met verschillende regelvarianten, voor een intensief gebruiksprofiel (zie afbeelding 37, p. 66) en een beperkt gebruiksprofiel (zie afbeelding 38, p. 66).



Afb. 37 Simulatie van de systemen D cascade en C hal in een middelgroot huis met een intensief gebruiksprofiel (zie opmerking, § 4.1, p. 63).

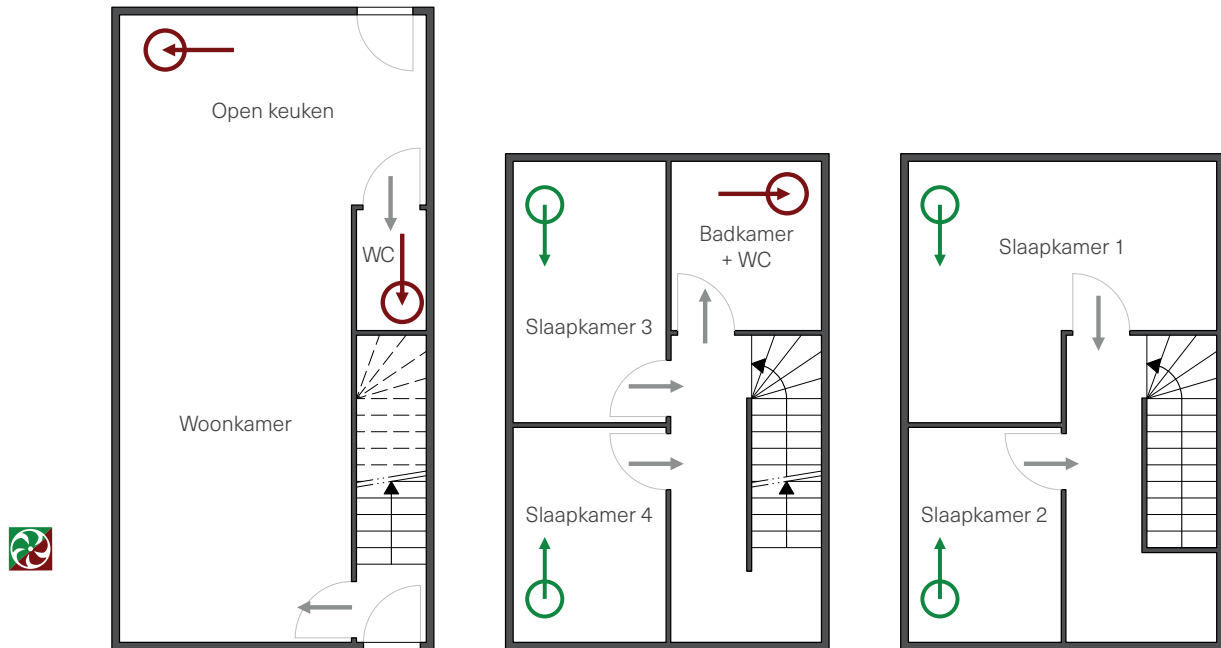


Afb. 38 Simulatie van de systemen D cascade en C hal in een middelgroot huis met een beperkt gebruiksprofiel (zie opmerking, § 4.1, p. 63).

4.3 D cascade in een woning met meerdere slaapkamers

In een woning met meerdere slaapkamers en een beperkt aantal dienstruimten is het systeem D cascade bijzonder interessant, aangezien het een verlaagd debiet levert in vergelijking met een aantal andere systemen die toegepast worden in gelijkaardige woningen.

Afbeelding 39 toont een voorbeeld van een woning met een systeem D cascade. Het huis telt drie ingerichte verdiepingen en omvat vier slaapkamers, een badkamer, een woonkamer met een open keuken en toiletten.



Afb. 39 Systeem D cascade toegepast op een huis met meerdere slaapkamers.

De referentiedebieten (m^3/h) van het systeem D cascade dat toegepast werd in dit huis, zijn de volgende:

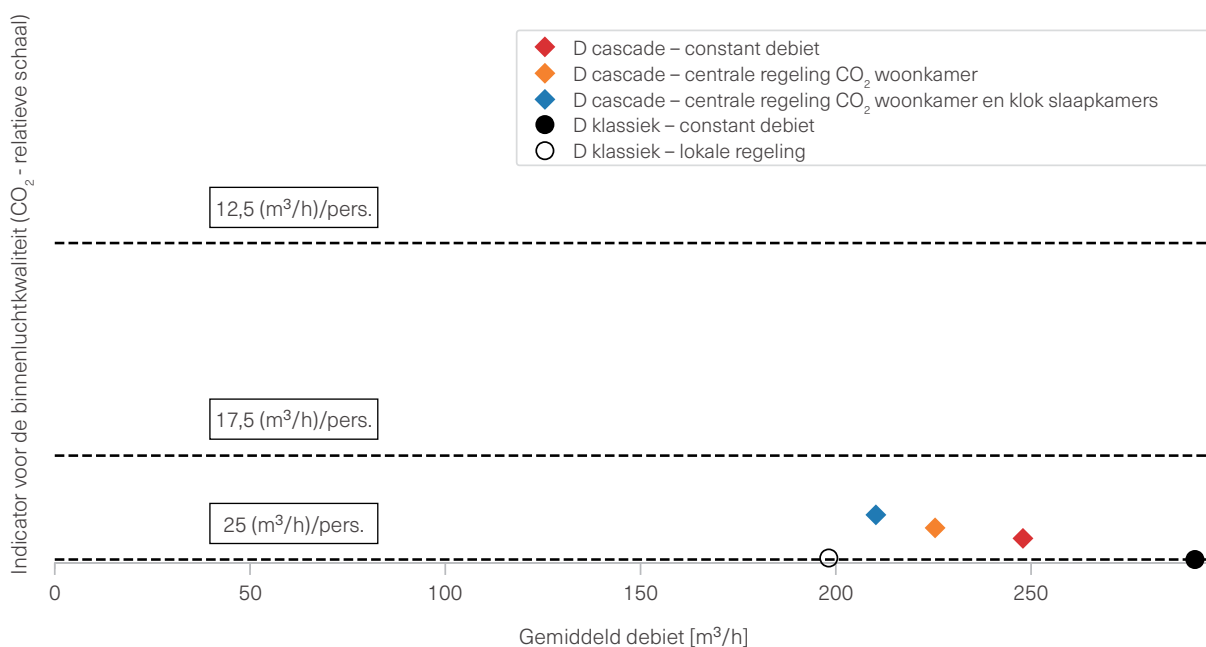
- toevoer:
 - slaapkamer 1: 50
 - slaapkamer 2: 25
 - slaapkamer 3: 25
 - slaapkamer 4: 25
- afvoer:
 - badkamer: 50
 - toiletten: 25
 - open keuken: 125 (= referentiedebiet van de woonkamer dat gelijk is aan het totaal van de slaapkamers)
- maximum totaal: 200.

In deze woning met vier slaapkamers bedraagt het ontwerpdebiet $200 \text{ m}^3/\text{h}$ voor het systeem D cascade, tegenover $250 \text{ m}^3/\text{h}$ voor een klassiek systeem C of D en $325 \text{ m}^3/\text{h}$ voor een systeem C hal.

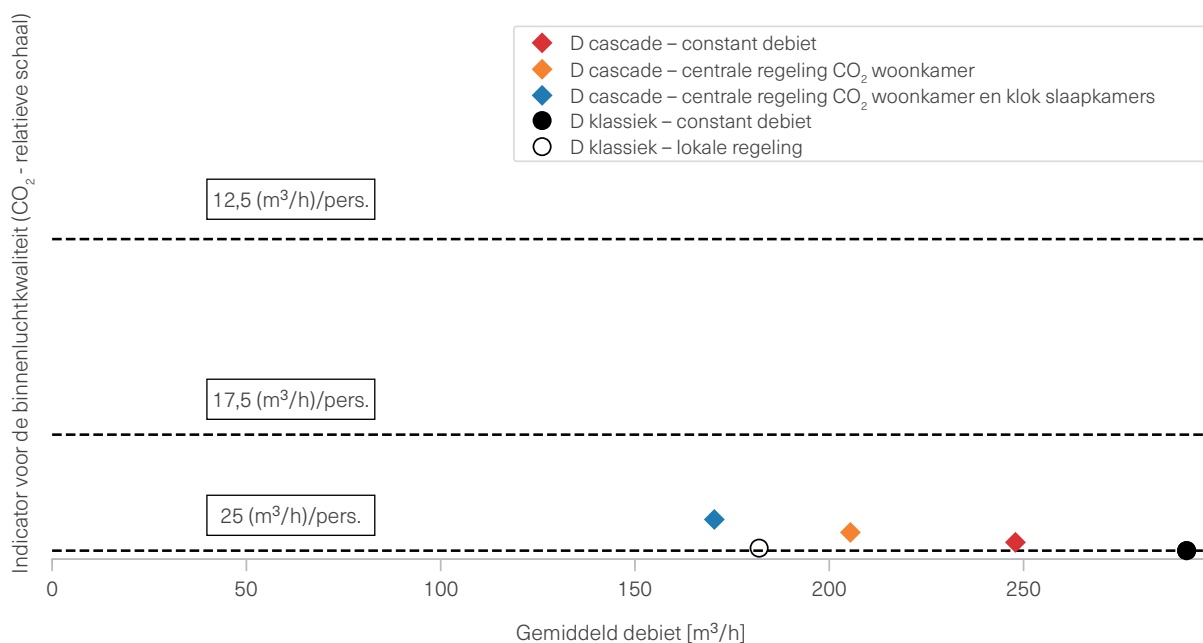
In de praktijk kan het systeem D cascade tot stand gebracht worden door de installatie van een (kleine) balansventilatiegroep in een technische ruimte die beschikt over een gemakkelijke toegang naar de slaapkamers (bv. een zolder). Dit systeem kan eenvoudig en doeltreffend gecontroleerd worden, bijvoorbeeld door de combinatie van een centrale regeling van de toevoer- en afvoerdebieten, steeds in balans, met de volgende varianten:

- centrale regeling – constant debiet of handmatig (zie § 3.1.5.2, p. 26)
- centrale regeling – CO_2 woonkamer (zie § 3.1.5.3, p. 26)
- centrale regeling – CO_2 woonkamer en klok slaapkamers (zie § 3.1.5.4, p. 26).

De afbeeldingen 40 en 41 hierna stellen de gemiddelde gebruiksdebieten (verkregen door numerieke simulatie) van het systeem D cascade in een woning met meerdere slaapkamers voor, met verschillende regelvarianten, voor een intensief gebruiksprofiel (zie afbeelding 40) en een beperkt gebruiksprofiel (zie afbeelding 41).



Afb. 40 Simulatie van het systeem D cascade in een huis met meerdere slaapkamers en een intensief gebruiksprofiel (zie opmerking, § 4.1, p. 63).

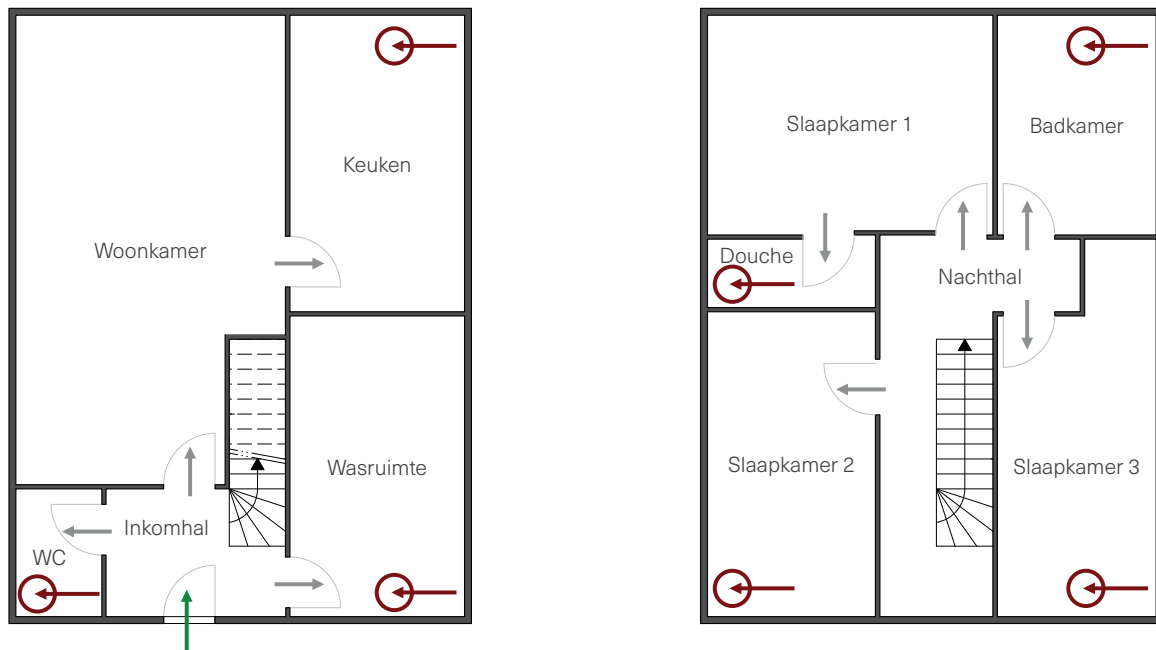


Afb. 41 Simulatie van het systeem D cascade in een huis met meerdere slaapkamers en een beperkt gebruiksprofiel (zie opmerking, § 4.1, p. 63).

4.4 C hal in een woning met talrijke dienstruimten

Het systeem C hal is bijzonder geschikt voor woningen met talrijke dienstruimten (slaapkamers met een douche of een badkamer) of voor woningen met meerdere bijkomende dienstruimten (bv. wasruimte).

Afbeelding 42 stelt een voorbeeld van een woning met een systeem C hal voor. Het huis telt twee ingerichte verdiepingen en omvat drie slaapkamers (waarvan er eentje uitgerust is met een douche), een badkamer, een doorstroomde woonkamer, een keuken, een wasruimte en toiletten.



Afb. 42 Systeem C hal toegepast op een woning met talrijke dienstruimten.

De referentiedebieten (m^3/h) van het systeem C hal dat toegepast werd in dit huis, zijn de volgende:

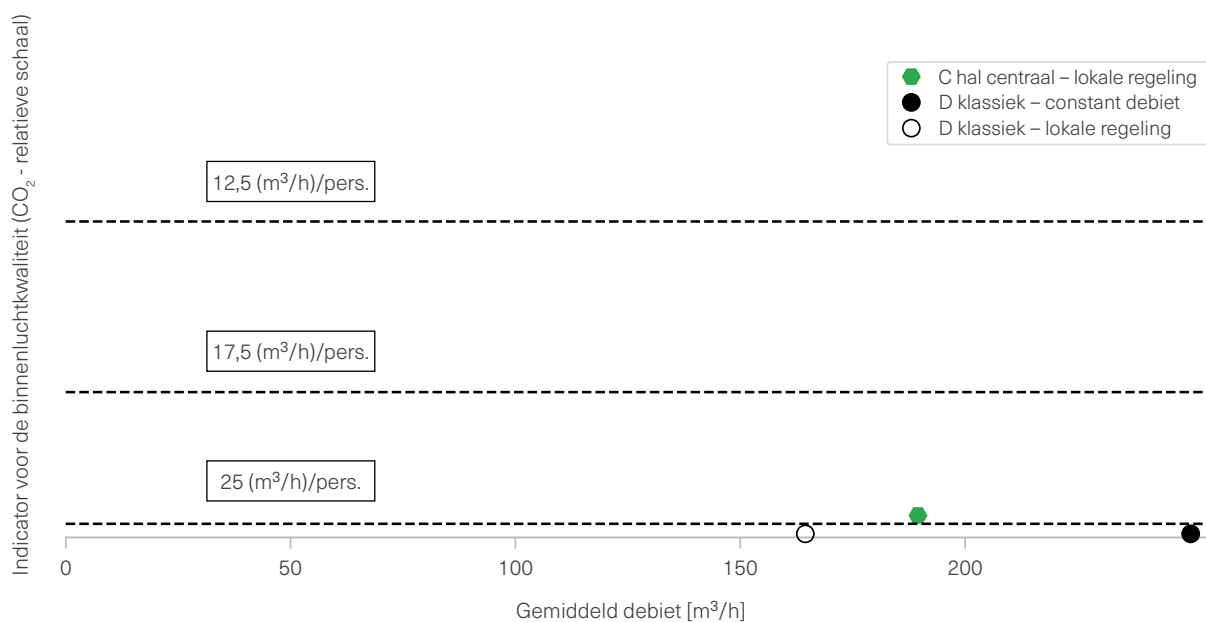
- toevoer in de hal, gedimensioneerd voor $100 \text{ m}^3/\text{h}$ (totaal van de slaapkamers)
- afvoer:
 - slaapkamer 1 + douche: 50 (verlaagd tot 25 voor een eenpersoonskamer)
 - slaapkamer 2: 25
 - slaapkamer 3: 25
 - badkamer: 50
 - keuken: 100 (= referentiedebiet van de woonkamer dat gelijk is aan het totaal van de slaapkamers)
 - wasruimte: 50
 - toiletten: 25
- totaal: 325.

In deze woning bedraagt het totale debiet $325 \text{ m}^3/\text{h}$ voor het systeem C hal, wat aanzienlijk hoger is dan het debiet van $275 \text{ m}^3/\text{h}$ voor het systeem D cascade of het debiet van $225 \text{ m}^3/\text{h}$ voor een klassiek systeem C of D.

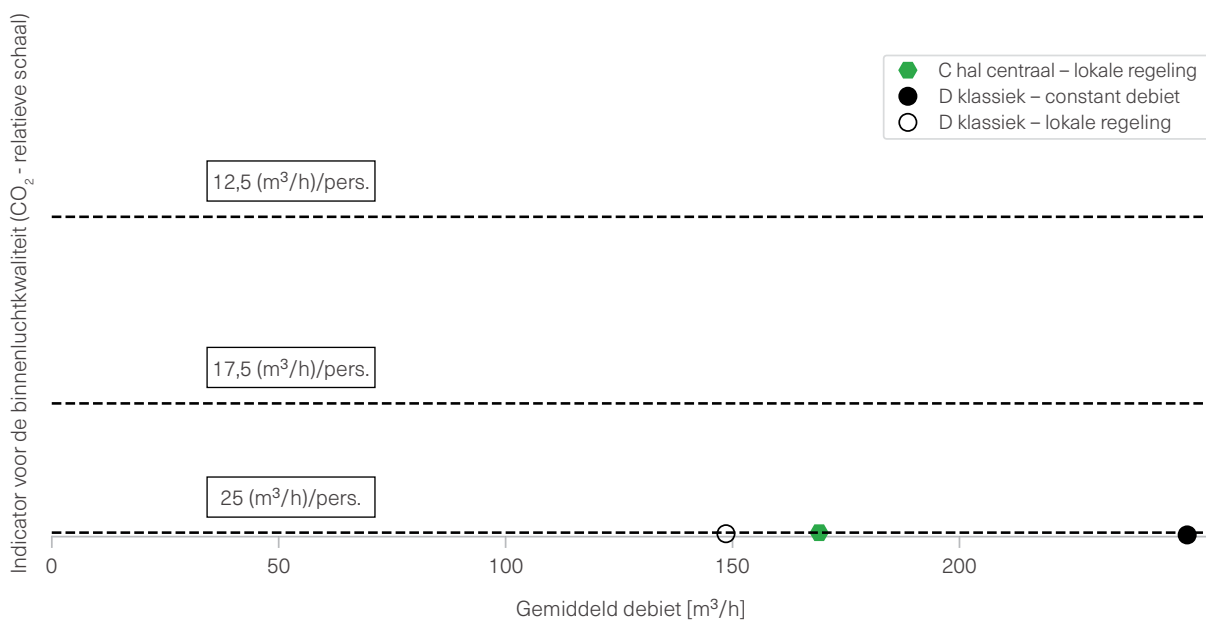
In het systeem C hal van deze woning is het potentieel van een debietverlaging via een vraaggestuurde ventilatie echter bijzonder interessant.

In de praktijk kan dit systeem tot stand gebracht worden door de installatie van een centrale afvoergroep in een technische ruimte die eenvoudig toegang geeft tot de slaapkamers (bv. een zolder). Dit systeem kan zeer doeltreffend gecontroleerd worden door tezelfdertijd een lokale regeling toe te passen die er bijvoorbeeld in bestaat om voor elke afvoer een individuele klep te installeren, en een regeling zoals beschreven in § 3.2.5.1 (p. 33).

De afbeeldingen 43 en 44 hierna stellen de gemiddelde gebruiksdebieten (verkregen door numerieke simulatie) van het systeem C hal in een woning met talrijke dienstruimten voor, met verschillende regelvarianten, voor een intensief gebruiksprofiel (zie afbeelding 43) en een beperkt gebruiksprofiel (zie afbeelding 44).



Afb. 43 Simulatie van het systeem C hal in een woning met talrijke dienstruimten en een intensief gebruiksprofiel.



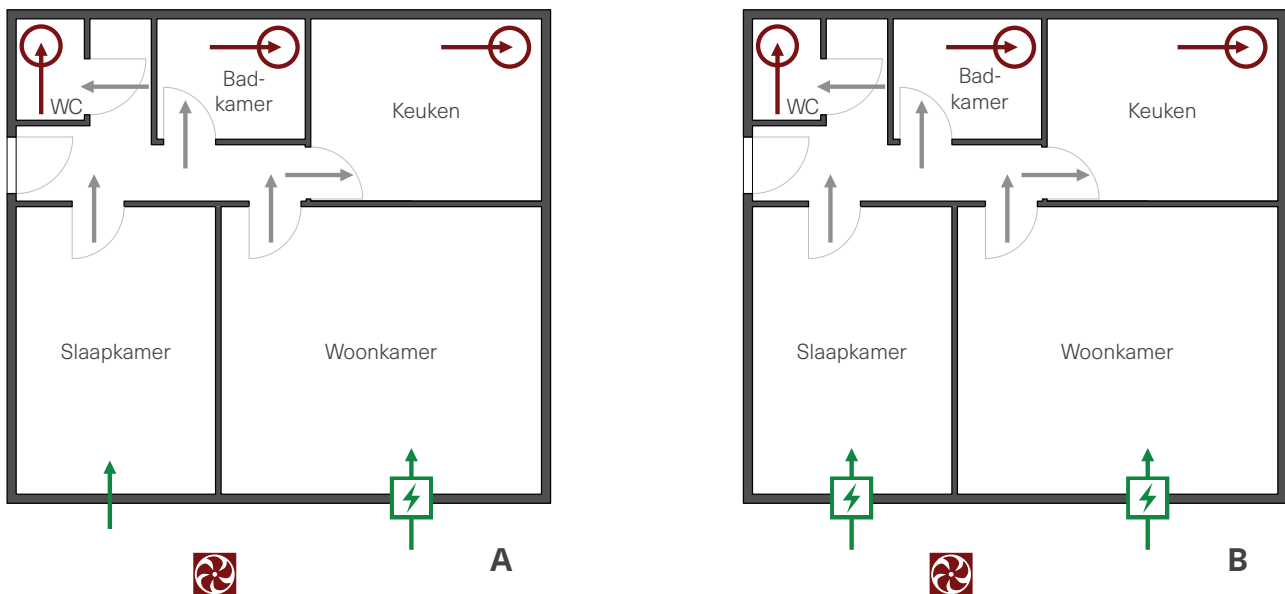
Afb. 44 Simulatie van het systeem C hal in een woning met talrijke dienstruimten en een beperkt gebruiksprofiel.

4.5 C zonaal in een klein appartement met een gesloten keuken

Het systeem C zonaal is interessant voor een kleine woning met een gescheiden woonkamer en een gesloten keuken. In deze configuratie kunnen de systemen D cascade of C hal dus niet gemakkelijk toegepast worden. Bij dit systeem ontvangen de leefruimten een natuurlijke toevoer waardoor het totale debiet van de afvoeren verlaagd kan worden. Bij wijze van vergelijking zouden de systemen D cascade en C hal een bijkomende mechanische afvoer in de woonkamer vereisen.

Het systeem C zonaal kan tot stand gebracht worden met een gemotoriseerde toevoeropening in de woonkamer alleen (zie afbeelding 45A). In het geval van een zeer kleine woning, die bijvoorbeeld slechts één enkele slaapkamer omvat, kan deze laatste eveneens gemakkelijk uitgerust worden met een dergelijke gemotoriseerde opening, wat de prestaties van dit systeem nog lichtjes doet toenemen (zie afbeelding 45B).

De afbeeldingen 45A en 45B tonen een voorbeeld van een woning met een systeem C zonaal. Het appartement is opgebouwd uit een slaapkamer, een gesloten gescheiden woonkamer, een gesloten keuken, een badkamer en toiletten.



Afb. 45 Systeem C zonaal toegepast op een appartement met één slaapkamer met een gemotoriseerde RTO in de woonkamer alleen (A) en met een gemotoriseerde RTO in de slaapkamer en de woonkamer (B).

De referentiedebieten (m^3/h) van het systeem C zonaal dat toegepast werd in dit appartement, zijn de volgende:

- toevoer:
 - slaapkamer: 50
 - woonkamer: 50
- afvoer:
 - keuken: 50
 - badkamer: 50
 - toiletten: 25
- totaal: 125.

Bij wijze van vergelijking zijn de referentiedebieten van het systeem C cascade dat toegepast werd op hetzelfde appartement de volgende:

- toevoer:
 - slaapkamer: 50
- afvoer:
 - woonkamer: 50
 - keuken: 50
 - badkamer: 50
 - toiletten: 25
- totaal: 175.

In deze woning met één slaapkamer bedraagt het ontwerpdebiet 125 m³/h voor het systeem C zonaal, tegenover 175 m³/h voor het systeem C cascade en 125 m³/h voor een klassiek systeem C of D.

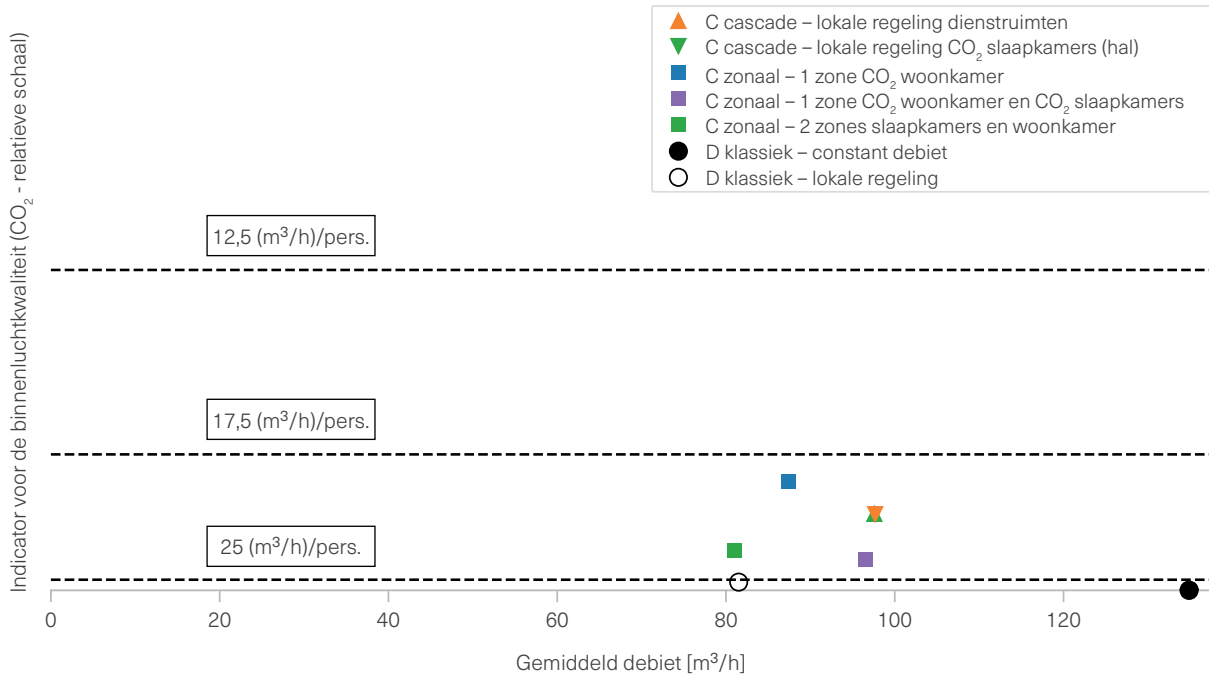
In de praktijk kan het systeem C zonaal tot stand gebracht worden met natuurlijke toevoerroosters in de slaapkamer en de woonkamer, waarbij minstens het toevoerrooster van de woonkamer gemotoriseerd is, en met een centrale afvoergroep in een technische ruimte die gemakkelijk toegang biedt tot de dienstruimten. Dit systeem kan zeer doeltreffend gecontroleerd worden door de toepassing van een lokale regeling voor de dienstruimten en een bijkomende centrale regeling ter controle van de ventilatie van de slaapkamers. Deze regelingen kunnen gecombineerd worden met verschillende varianten:

- 2 zones: gemotoriseerde RTO in de woonkamer en de slaapkamer (zie § 3.6.5.1, p. 48)
- 1 zone: gemotoriseerde RTO in de woonkamer en CO₂ woonkamer en slaapkamers (zie § 3.6.5.2, p. 48)
- 1 zone: gemotoriseerde RTO in de woonkamer en CO₂ woonkamer (zie § 3.6.5.3, p. 49).

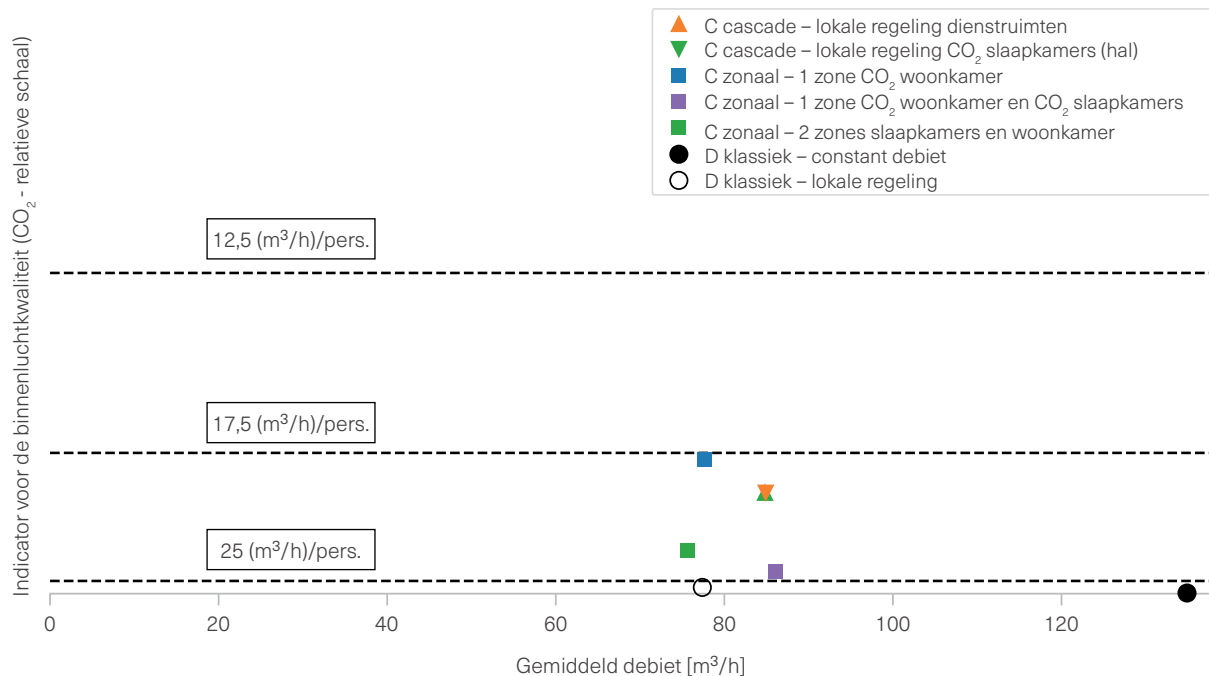
Bij wijze van vergelijking wordt het systeem C cascade hier voorgesteld met de volgende regelingen:

- lokale regeling – dienstruimten (zie § 3.7.5.2, p. 52)
- lokale regeling – CO₂ slaapkamers (zie § 3.7.5.4, p. 52).

De afbeeldingen 46 en 47 stellen de gemiddelde gebruiksdebieten (verkregen door numerieke simulatie) van de systemen C zonaal en C cascade in een klein appartement met een gesloten keuken voor, met verschillende regelvarianten, voor een intensief gebruiksprofiel (zie afbeelding 46, p. 73) en een beperkt gebruiksprofiel (zie afbeelding 47, p. 73).



Afb. 46 Simulatie van de systemen C zonaal en C cascade in een klein appartement met één slaapkamer met een intensief gebruiksprofiel.

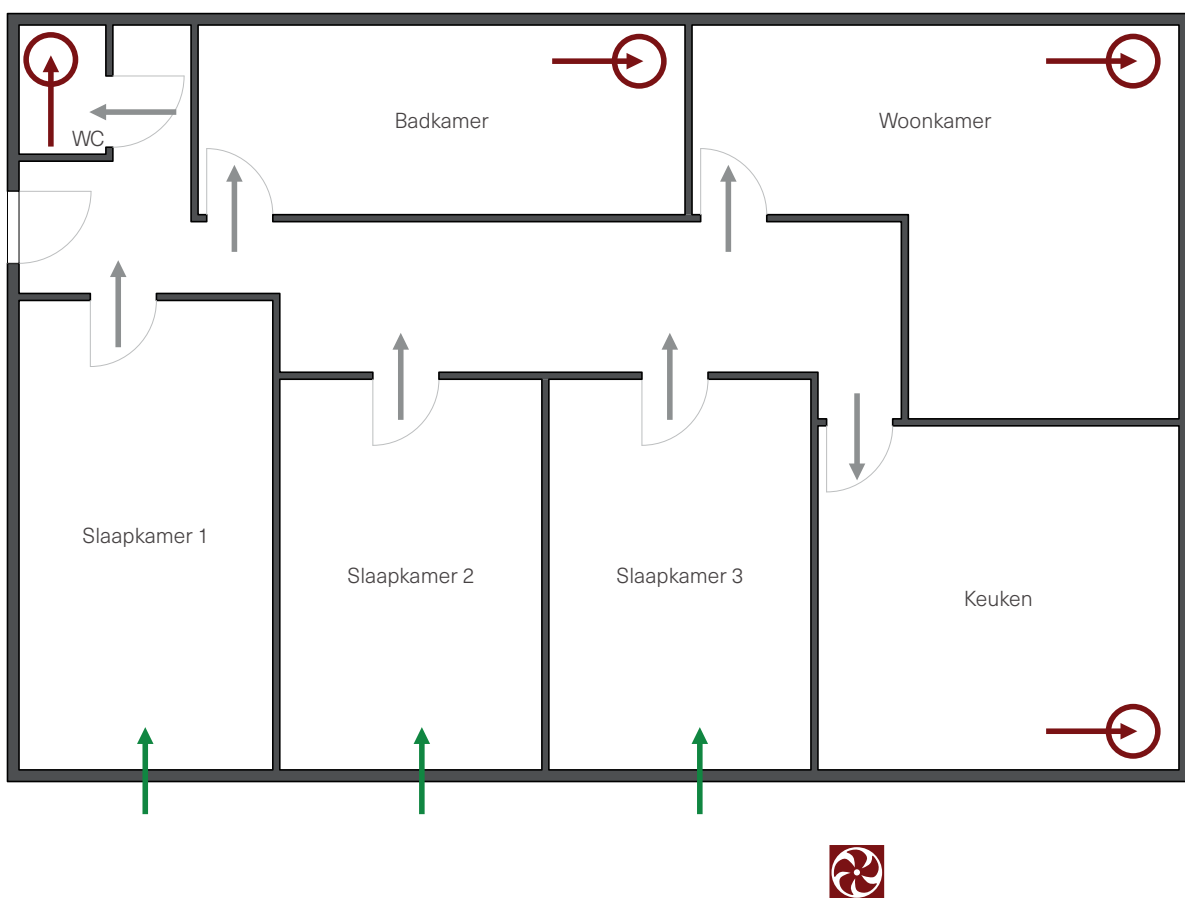


Afb. 47 Simulatie van de systemen C zonaal en C cascade in een klein appartement met één slaapkamer met een beperkt gebruiksprofiel.

4.6 C cascade in een appartement met meerdere slaapkamers

Het systeem C cascade is interessant in een appartement dat meerdere slaapkamers en een doorstroomde woonkamer of een gesloten gescheiden woonkamer omvat. In een appartement is het systeem C hal soms immers niet toepasbaar omdat het niet de mogelijkheid biedt om de hal rechtstreeks van verse lucht te voorzien met een natuurlijke toevoering die rechtstreeks uitgeeft op een buitengevel. Bij het systeem C cascade is er daarentegen een toevoer in de slaapkamers (gewoonlijk in contact met een buitengevel).

Afbeelding 48 stelt een voorbeeld van een woning met een systeem C cascade voor. Het appartement is opgebouwd uit drie slaapkamers, een gesloten gescheiden woonkamer, een gesloten keuken, een badkamer en toiletten.



Afb. 48 System C cascade toegepast op een appartement met drie slaapkamers.

In tegenstelling tot het systeem D cascade, waarbij alle debieten mechanisch gecontroleerd worden, is het systeem C cascade minder betrouwbaar. De prestaties op het vlak van luchtverversing kunnen bovendien afhankelijk zijn van de luchtdichtheid van de gebouwschil en de buitenomstandigheden (wind en temperatuur). Bij bepaalde woningconfiguraties kan dit systeem echter toch een toereikende betrouwbaarheid bieden. In het voorliggende geval kan het systeem toegepast worden op een appartement of een woning met één enkele verdieping (zoals een bungalow) aangezien alle toevoeringen van de slaapkamers zich inderdaad in eenzelfde gevel en op eenzelfde verdieping bevinden.

De referentiedebieten (m^3/h) van het systeem C cascade dat toegepast werd in dit appartement, zijn de volgende:

- toevoer:
 - slaapkamer 1: 50
 - slaapkamer 2: 25
 - slaapkamer 3: 25
- afvoer:
 - keuken: 50
 - woonkamer: 100 (= totaal van de slaapkamers)
 - badkamer: 50
 - toiletten: 25
- totaal: 225.

De referentiedebieten van het systeem D cascade zijn identiek aan deze van het systeem C cascade.

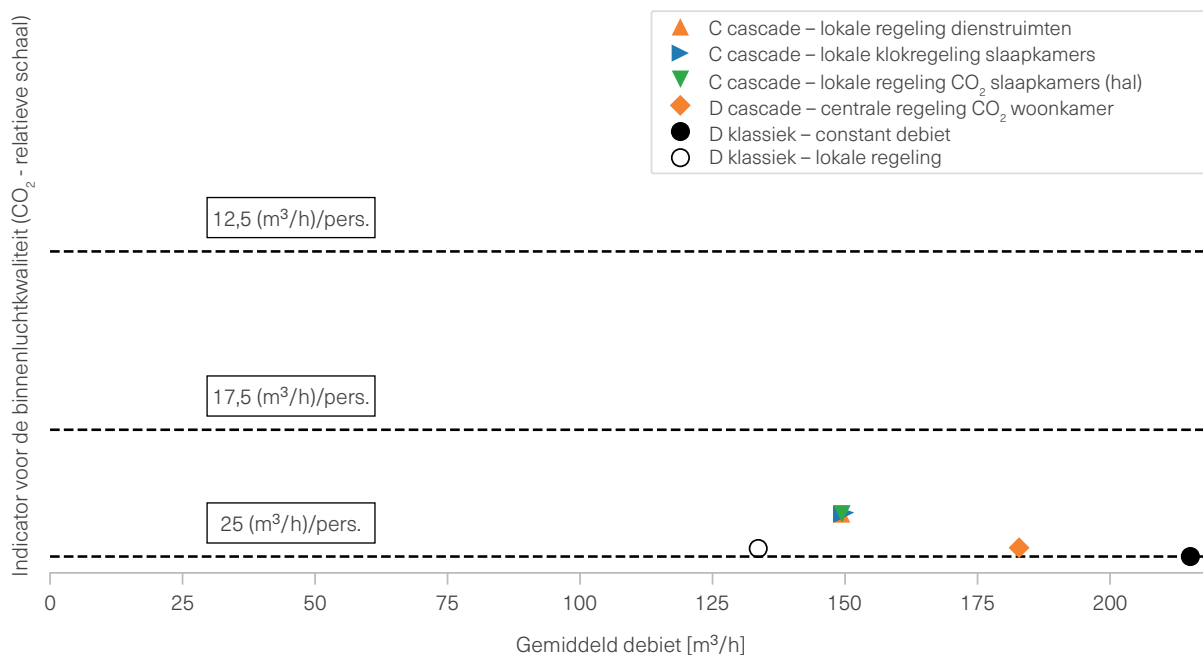
In deze woning met drie slaapkamers bedraagt het ontwerpdebiet $225 \text{ m}^3/\text{h}$ voor de systemen C cascade en D cascade, tegenover $200 \text{ m}^3/\text{h}$ voor een klassiek systeem C of D.

In de praktijk kan het systeem C cascade tot stand gebracht worden door de installatie van natuurlijke toevoerroosters in de slaapkamers en een centrale afvoergroep in een technische ruimte die gemakkelijk toegang biedt tot de dienstruimten. Dit systeem kan zeer doeltreffend gecontroleerd worden door de gelijktijdige toepassing van een lokale regeling voor de dienstruimten en een bijkomende centrale regeling ter controle van de ventilatie van de slaapkamers. Deze regelingen kunnen gecombineerd worden met verschillende varianten:

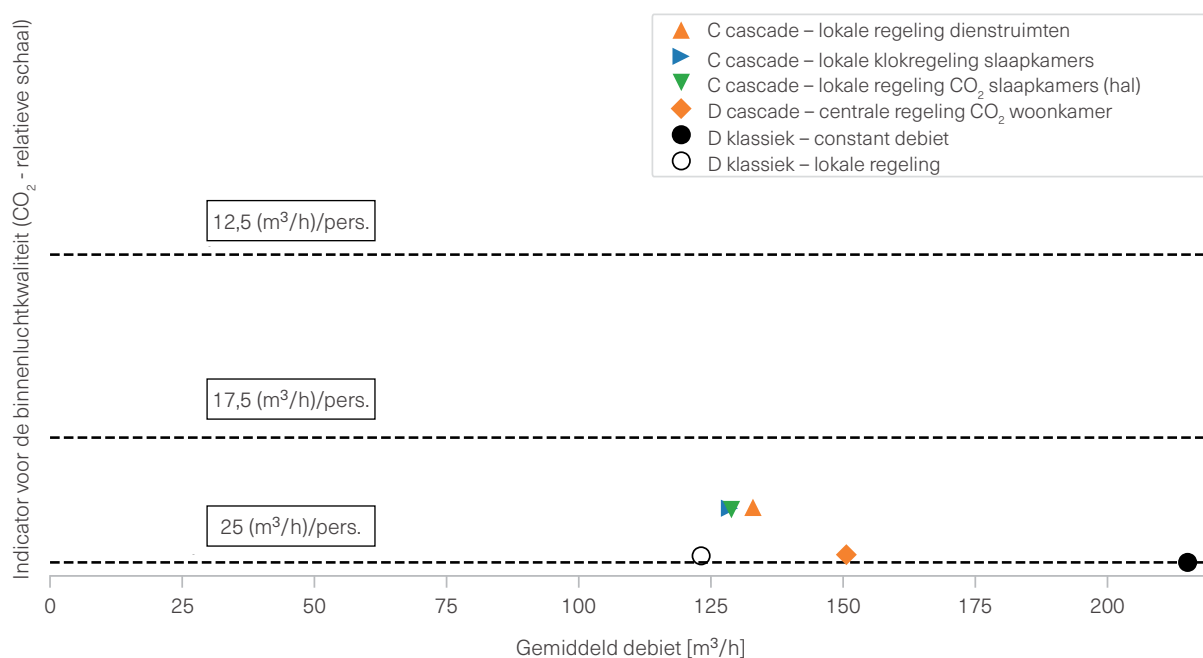
- lokale regeling – dienstruimten (zie § 3.7.5.2, p. 52)
- lokale regeling – klok slaapkamers (zie § 3.7.5.3, p. 52)
- lokale regeling – CO_2 slaapkamers, onrechtstreeks via de nachthal (zie § 3.7.5.4, p. 52).

Bij wijze van vergelijking is het systeem D cascade op de volgende grafieken voorgesteld met een centrale regeling – CO_2 woonkamer (voor de regeling, zie § 3.1.5.3, p. 26).

De afbeeldingen 49 en 50 stellen de gemiddelde gebruiksdebieten (verkregen door numerieke simulatie) van de systemen C cascade en D cascade in een appartement met meerdere slaapkamers voor, met verschillende regelvarianten, voor een intensief gebruiksprofiel (zie afbeelding 49, p. 76) en een beperkt gebruiksprofiel (zie afbeelding 50, p. 76).



Afb. 49 Simulatie van de systemen C cascade en D cascade toegepast op een appartement met drie slaapkamers en een intensief gebruiksprofiel (zie opmerking, § 4.1, p. 63).



Afb. 50 Simulatie van de systemen C cascade en D cascade toegepast op een appartement met drie slaapkamers en een beperkt gebruiksprofiel (zie opmerking, § 4.1, p. 63).

Bijlage A – Principes en ontwerp van de regeling

A.1 Algemeenheden

De **regeling** van het ventilatiesysteem is interessant omdat dit toelaat om de debieten aan te passen aan de **reële behoeften** van de bewoners en aldus om het **energieverbruik** van het systeem (verwarming en elektriciteit van de mechanische systemen) te verminderen.

In hoofdstuk 3 (p. 23) worden voor elk concept een aantal aangepaste regelstrategieën in detail voorgesteld. Per systeem bestaan er gewoonlijk meerdere **varianten**. Deze bijlage heeft als oogmerk om de basisprincipes voor de regeling van de debieten aan te reiken evenals de ontwerpaspecten die alle systemen gemeen hebben.

We willen erop wijzen dat bepaalde in dit document behandelde ventilatieconcepten sowieso reeds een lager ontwerpdebiet dan de andere vertonen en bijgevolg geen doorgedreven regeling vereisen.

A.2 Type controle

Een eerste belangrijk element van de regeling ligt in het **type controle**, d.w.z. de parameter die de regeling naar een hoger of een lager debiet in werking zal doen treden (de regeling en de debieten komen aan bod in de §§ A.3 en A.4, p. 78). In theorie bestaan er verschillende types controle:

- een **handmatige** controle
- een controle met een **klokfunctie**
- een controle door **aanwezigheidsdetectie**
- een **vraaggestuurde** controle op basis van een sensor die een verandering van de luchtkwaliteit opmeet (CO₂ of relatieve vochtigheid (RV)).

Deze controlecomponenten kunnen voorzien zijn voor een individuele ruimte, waardoor ze de behoeften voor deze specifieke ruimte kunnen bepalen, of voor meerdere ruimten tegelijkertijd. In dit geval wordt de controlecomponent geïnstalleerd op een plaats die representatief is voor al deze ruimten.

De volgende algemene principes zijn van toepassing op de controlecomponenten van de systemen die aan bod komen in hoofdstuk 3 van deze Innovation Paper.

A.2.1 Leefruimten

Het meest **performante** type controle is gebaseerd op de installatie van een **CO₂-sensor** per individuele leefruimte (slaapkamers en woonkamer).

Om het aantal sensoren te beperken, is het mogelijk om slechts **één CO₂-sensor aan te brengen die representatief is voor meerdere leefruimten** tegelijkertijd (bv. in de hoofdslaapkamer of in de nachthal die gevoed wordt door de lucht uit alle slaapkamers, of nog, in het gemeenschappelijke mechanische afvoerkanaal van alle slaapkamers). In het geval van een **partiële detectie** wordt er voor alle slaapkamers een debiet aanbevolen dat minstens overeenstemt met $\frac{1}{3}$ van het referentiedebiet.

Een controle met een **klokfunctie** is eveneens een goed **alternatief** voor de slaapkamers. Deze kan de vorm aannemen van een programmering die toegankelijk is voor en wijzigbaar is door de gebruiker of van een vaste programmering die niet toegankelijk is voor de gebruikers. Deze laatste programmering legt het referentiedebiet in de slaapkamers gedurende een **gegeven periode** vast (bv. tussen 20h en 8h).

Ten slotte kan men in bepaalde gevallen ook opteren voor een **handmatige** controle. Dit type controle is echter **minder doeltreffend** omdat het afhankelijk is van de manier waarop de bewoner de ventilatiebehoeften inschat. Om dit gebrek te verhelpen, zal de handmatige controle enkel toegepast worden om het debiet in bepaalde ruimten punctueel te verhogen (bv. in de woonkamer) terwijl er in de rest van de woning een toereikend minimumdebiet gewaarborgd blijft (het referentiedebiet in de slaapkamers wordt bijvoorbeeld op permanente basis gerealiseerd).

A.2.2 Dienstruimten

Dienstruimten waarnaar lucht doorgestroomd wordt vanuit de leefruimten (slaapkamers en woonkamer) vereisen doorgaans geen andere regelingen dan deze van de leefruimten (dit blijft echter wel mogelijk).

In de andere gevallen, in het bijzonder wanneer de dienstruimten **geventileerd** worden **onafhankelijk** van de leefruimten (bv. systeem C hal), zijn er andere **types controle** die **doeltreffender** zijn voor de dienstruimten:

- badkamer, doucheruimte, wasruimte: **RV-sensor** (relatieve vochtigheid)
- toiletten: **aanwezigheidsdetectiesensor** of gelijkwaardig (bv. sensor die de aanwezigheid van vluchtige organische stoffen (VOS) opspoor)
- keuken: **CO₂-sensor** en/of **RV-sensor** naargelang van het gebruik van de keuken.

A.3 Type regeling

Een tweede belangrijk element betreft de **gemeenschappelijke regeling van de ventilatie** van de ruimten. Er bestaan drie **categorieën** van regeling:

- de **centrale** regeling die gemeenschappelijk is voor de ventilatie van alle ruimten
- de **zonale** regeling die gemeenschappelijk is voor de ventilatie van alle ruimten uit een zone en die de ventilatie afzonderlijk regelt in twee of meerdere zones
- de **lokale** regeling die de ventilatie in elke ruimte afzonderlijk regelt.

Deze regelingen kunnen toegepast worden op het **systeem in zijn geheel** of op **een deel ervan** en kunnen **gecombineerd** worden. De totale mechanische toevoer- en afvoerdebietsen worden in alle gevallen geregeld op basis van **de hoogste behoeften** en worden zodanig afgesteld dat ze **in evenwicht** blijven.

Voorbeeld van een combinatie

De regeling is lokaal voor de luchttoevoer van de leefruimten op basis van een CO₂-sensor in elke leefruimte. De regeling is centraal voor de afvoer in functie van het totale toevoerdebiet.

A.4 Grenswaarden en minimale debieten

In de tabellen A.4.1, A.4.2 en A.4.3 (p. 79) zijn de **grenswaarden** en de aanbevolen **minimale debieten** voor verschillende regelingen opgenomen.

De hier aangegeven grenswaarde is de **sensorwaarde** (CO₂ of RV) vanaf dewelke de ventilatie van de overeenkomstige ruimte of ruimten gerealiseerd wordt met een debiet dat ten minste gelijk is aan het referentiedebiet. In de praktijk wordt de ventilatie gewoonlijk reeds in gang gezet bij sensorwaarden die lager zijn dan deze grenswaarde, op basis van een **relatie tussen de sensorwaarde en het te realiseren debiet**. Het kan hier gaan om een lineaire relatie tussen de sensorwaarde en het debiet, om de realisatie van het referentiedebiet wanneer er een stijging van de sensorwaarde gedetecteerd wordt en dergelijke meer.

Het **minimale debiet** is het debiet dat bereikt moet worden wanneer er geen ventilatievraag is (op basis van een sensor, van een controle met een klokfunctie of van een handmatige controle).

Indien het **CO₂-gehalte** als **indicator** gehanteerd wordt, dan staat deze waarde voor de CO₂-concentratie, uitgedrukt in ppm, d.w.z. in deeltjes per miljoen in volume. De grenswaarden zijn in overeenstemming met de norm NBN EN 16798-1 [B8].

Indien de **vochtigheid** als **indicator** gebruikt wordt, dan staat deze waarde voor de relatieve luchtvochtigheid in %.

Tabel A.4.1 Grenswaarden en aanbevolen minimale debieten voor verschillende regelingen in de slaapkamers.

Regeling	Grenswaarde	Minimaal debiet
Kamer uitgerust met een CO ₂ -sensor	950 ppm	1/10 van het referentiedebiet
Kamer zonder sensor, maar gemeenschappelijke sensor voor meerdere slaapkamers of klok	/	1/3 van het referentiedebiet
Gemeenschappelijke sensor voor meerdere slaapkamers (nachthal of gemeenschappelijk afvoerkanaal)	(550/n) + 400 ppm n = het aantal betrokken slaapkamers	1/3 van het referentiedebiet
Controle met een klokfunctie voor de slaapkamers	/	Referentiedebiet van 20h tot 8h
Kamer zonder enige vorm van regeling	/	Referentiedebiet

Tabel A.4.2 Grenswaarden en aanbevolen minimale debieten voor verschillende regelingen in de woonkamers.

Regeling	Grenswaarde	Minimaal debiet
Woonkamer uitgerust met een CO ₂ -sensor	1.200 ppm	1/10 van het referentiedebiet
Woonkamer zonder sensor (elders gesitueerde regeling, handmatig ...)	/	1/3 van het referentiedebiet

Tabel A.4.3 Grenswaarden en aanbevolen minimale debieten voor verschillende regelingen in de dienstruimten.

Regeling	Grenswaarde	Minimaal debiet
Keuken CO ₂ -sensor	1.200 ppm	1/10 van het referentiedebiet
Keuken RV-sensor	70 %	1/10 van het referentiedebiet
Badkamer, doucheruimte, wasruimte RV-sensor	70 %	1/10 van het referentiedebiet
Toiletten Aanwezigheidsdetectie (of gelijkwaardig)	Aanwezigheidsdetectie	1/10 van het referentiedebiet

Bijlage B – Voorlopig systeem C voor gefaseerde renovaties

B.1 Toepassingsgebied

Dit systeem wordt voorgesteld als bijlage en maakt geen deel uit van de in hoofdstuk 3 aanbevolen systemen aangezien het niet beantwoordt aan de **prestatiecriteria** die in dit document vastgesteld werden voor wat betreft de luchtkwaliteit:

- het laat niet toe om een toereikende luchtkwaliteit te verzekeren in de leefruimten (slaapkamers en woonkamer), met name op het vlak van de bio-effluenten, de vochtigheid en de door de materialen uitgestote polluenten
- het laat enkel toe om de vochtigheid in de dienstruimten te controleren en er het risico op schimmelvorming tegen te gaan.

Dit **uiterst eenvoudige** en **gemakkelijk** in bestaande woningen **toe te passen** systeem kan echter een voorlopige oplossing bieden in het kader van een gefaseerde renovatie. Achteraf kan het dan omgevormd worden tot één van de volgende complete systemen die voorgesteld werden in hoofdstuk 3:

- C hal 1 zone slaapkamers (zie § 3.3, p. 36)
- C hal decentraal (zie § 3.4, p. 40)
- C cascade (zie § 3.7, p. 50)
- D decentraal (zie § 3.12, p. 58)
- automatische vensters (zie § 3.13, p. 60).

De beoogde **omvorming** tot één van de **volledige systemen** kan bepalend of zelfs beperkend zijn voor de keuze van de componenten van het voorlopige systeem (bv. om over voldoende regelmogelijkheden te kunnen beschikken). Voorts zal het niet mogelijk zijn om dit voorlopige systeem om te vormen tot bepaalde andere in hoofdstuk 3 beschreven volledige systemen (bv. D cascade en C hal centraal). De uitvoering van een dergelijk voorlopig systeem mag daarom enkel gebeuren mits een **langetermijnvisie** op het beoogde volledige systeem.



Het wordt ten stelligste afgeraden om dit systeem te installeren als er een open verbrandingstoestel in de woning aanwezig is.

B.2 Principe

Dit voorlopige systeem is onvolledig.

Mechanische afvoeren:

- in de dienstruimten.

Opmerking

Dit systeem werd niet weerhouden in de norm NBN D 50-001 [B4].

B.3 Belangrijkste voordelen

Het belangrijkste voordeel van dit voorlopige systeem is dat het relatief eenvoudig in een bestaande woning toe te passen is, aangezien de installatie ervan weinig werk vraagt.

B.4 Beperkingen

Dit voorlopige systeem heeft een aantal beperkingen gemeen met het systeem C hal decentraal.

Bovendien laat het niet toe om een toereikende luchtkwaliteit in de leefruimten te waarborgen.

B.5 Technische oplossing

Het voorlopige systeem C is opgebouwd uit de volgende componenten:

- een decentrale afvoerventilator voor elke dienruimte. Deze ventilatoren zijn uitgerust met terugslagkleppen. In collectieve woongebouwen zijn er een aantal bijkomende beperkingen op het vlak van brandveiligheid, waarvoor we verwijzen naar § 2.7 (p. 21).

B.6 Regeling

B.6.1 C voorlopig – lokale regeling

Deze regeling wordt als volgt gekenmerkt:

- de regeling is lokaal. Elke ruimte beschikt over een afzonderlijke afvoerventilator en een sensor:
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) of CO₂-sensor voor de keuken
 - een RV-sensor (relatieve vochtigheid) voor de badkamers en de doucheruimten
 - een aanwezigheidsdetectiesensor of gelijkwaardig voor de toiletten
 - een combinatie van een RV-sensor en een aanwezigheidsdetectiesensor voor de badkamers met toiletten.

Literatuurlijst

B

Buildwise (Brussel, Buildwise, www.buildwise.be)

- B1** Brandveilig afdichten van doorvoeringen in brandwerende wanden. Voorschriften en plaatsing. Brussel, Buildwise, Technische Voorlichting nr. 254, 2015.
- B2** Luchtdichtheid van gebouwen, Brussel, Buildwise, Technische Voorlichting nr. 255, 2015.
- B3** Praktische gids voor de basisventilatiesystemen voor woongebouwen, Brussel, Buildwise, Technische Voorlichting nr. 258, 2016.

Bureau voor Normalisatie (Brussel, NBN, www.nbn.be)

- B4** NBN D 50-001:1991 Ventilatievoorzieningen in woongebouwen.
- B5** NBN/DTD B 61-002:2021 Centrale verwarmingsketels met een nominaal vermogen kleiner dan 70 kW. Voorschriften voor hun opstellingsruimte, luchttoevoer en afvoer van de verbrandingsgassen.
- B6** NBN EN 16798-1 Energieprestatie van gebouwen. Ventilatie van gebouwen. Deel 1: binnenmilieu-invoerparameters voor het ontwerp en de beoordeling van de energieprestatie van gebouwen met betrekking tot binnenluchtkwaliteit, thermische omgeving, verlichting en akoestiek (Module M1-6).

F

Federale Overheidsdienst Binnenlandse Zaken (Brussel, FOD Binnenlandse Zaken, www.ibz.be)

- F1** Koninklijk besluit van 7 juli 1994 tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen. Belgisch Staatsblad van 26 april 1995 en zijn wijzigingen.

M

Martin Y.

- M1** De ventilatie van technische kokers en liftschachten beheersen. Brussel, Buildwise, Buildwise-artikel 2012/01.02.

Martin Y., Eeckhout S., Lassoie L., Winnepenninckx E. en Deschoolmeester B.

- M2** Brandveiligheid van gevels van gebouwen met meerdere verdiepingen. Brussel, Buildwise, Innovation Paper nr. 37, 2022.

Dit is een uitgave van Buildwise (voordien het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf), een inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947.

Verantwoordelijke uitgever: Olivier Vandooren

Buildwise, Kleine Kloosterstraat 23

B-1932 Zaventem.

D/2023/0611/08

Dit is een publicatie van wetenschappelijke aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de teksten van deze publicatie is slechts toegelaten mits schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

Vertaling en lay-out: D. Van de Velde

Illustraties: G. Depret

Foto's Buildwise: M. Sohie et al.

Buildwise Zaventem Maatschappelijke zetel en kantoren

Kleine Kloosterstraat 23
B-1932 Zaventem
Tel. 02 716 42 11
E-mail : info@buildwise.be
Website: buildwise.be

- Technisch advies – Publicaties
- Beheer – Kwaliteit – Informatietechnieken
- Ontwikkeling – Valorisatie
- Technische goedkeuringen – Normalisatie

Buildwise Limelette

Avenue Pierre Holoffe 21
B-1342 Limelette
Tel. 02 655 77 11

- Onderzoek en innovatie
- Vorming
- Bibliotheek

Buildwise Brussels

Dieudonné Lefèvrestraat 17
B-1020 Brussel
Tel. 02 233 81 00

Na meer dan een halve eeuw spreken we niet langer over het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), maar over Buildwise. Die nieuwe naam brengt ook een nieuwe richting met zich mee, met extra aandacht voor innovatie, samenwerking en een meer geïntegreerde aanpak met verschillende disciplines. Omdat Buildwise hoofdzakelijk gefinancierd wordt met de bijdragen van meer dan 100.000 Belgische bouwbedrijven, bepalen deze ook mee de werking, onder andere door hun betrokkenheid bij het vaststellen van de prioriteiten en het sturen van de acties via de Technische Comités.

Van onderzoekscentrum naar innovatiecentrum

Dankzij de kennis die het in de loop van de jaren verworven heeft, is Buildwise uitgegroeid tot hét referentie- en expertisecentrum in de bouwsector. Buildwise is er om alle actoren in de waardeketen te ondersteunen. Ons doel? Kennis doorgeven die de kwaliteit, productiviteit en duurzaamheid daadwerkelijk verbetert en de weg vrijmaken voor innovatie op werven en in bouwbedrijven.

Een katalysator voor kennisdeling en verbinding

Het bouwproces is erg complex en gefragmenteerd. Daarom wil Buildwise zijn verbindende rol versterken. We kunnen de sectorale en maatschappelijke uitdagingen alleen het hoofd bieden door de hele sector in beweging te zetten en door onze bedrijfsmodellen en manier van samenwerken te herbekijken.

Van multidisciplinaire naar transdisciplinaire expertise

Buildwise onderscheidt zich door zijn pragmatische en multidisciplinaire aanpak. Om solide oplossingen te vinden, is een alomvattende, geïntegreerde aanpak nodig. Daarom zijn onze ambities opgebouwd rond drie pijlers: digitale technologie, duurzaamheid en vakmanschap (vertegenwoordigd door de aannemers binnen de Technische Comités).