



LenteAkkoord  
Zeer Energiezuinige Nieuwbouw

# Mechanische ventilatie in woningen

December 2015



# Inhoud

**4 De techniek van mechanische ventilatie**

**8 Leren van ervaringen**

**14 Regeling en zonering**

**18 Kwaliteit van kop tot staart**

**20 De beste mechanische ventilatie**

**22 Verder lezen**

**23 Verantwoording**

**23 Colofon**

# Mechanische ventilatie in woningen

In energiezuinige woningen wordt vaak mechanische ventilatie toegepast. Dat is een systeem met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van ventilatielucht. Het systeem bestaat uit ventilatieroosters in de gevel, afzuigpunten op verschillende plaatsen in huis en luchtkanalen die naar een centrale ventilatie-unit leiden, vaak op zolder of in een techniekast. Door winddruk op de gevel en de mechanische afzuiging ontstaat er een luchtstroom in de woning die overal verse lucht brengt.

Hoe eenvoudig het systeem ook lijkt; het werkt lang niet altijd goed. Fouten bij ontwerp, installatie en gebruik veroorzaken in veel woningen een ongezond binnenklimaat. Wat kunnen bouwpartijen van de praktijk leren en waar moet je bij mechanische ventilatie op letten? Maak afzuigpunten in iedere kamer, leg voor ieder afzuigpunt een apart ventilatiekanaal aan en kies een regeling op basis van  $CO_2$  die per kamer wordt gemeten. Deze en andere tips worden toegelicht voor professionals in de woningbouw.



# 1

Ventilatie is nodig voor een gezond binnenklimaat. Daarvoor bestaan verschillende systemen. De vier basisprincipes worden in de vakwereld aangeduid met de letters A, B, C en D. In energiezuinige woningen vinden alleen C- en D-systemen toepassing.



# De techniek van mechanische ventilatie



## Waarom een C-systeem?

In energiezuinige woningen hebben bouwbedrijven de keuze uit twee principes: mechanische ventilatie (C) en balansventilatie (D). Om verschillende redenen kiezen veel bedrijven voor mechanische ventilatie:

- Veel bedrijven kennen het systeem goed en zijn eraan gewend.
- Sommigen gaan ervan uit dat mechanische ventilatie goedkoper is dan balansventilatie.
- Veel bedrijven vinden een C-systeem makkelijker in aanleg en onderhoud dan een D-systeem. Ook schatten zij de kans op problemen kleiner.
- Balansventilatie heeft een slecht imago. Sommige bouwpartijen kiezen daarom liever voor een C-systeem.
- Bij een C-systeem komt verse lucht rechtstreeks van buiten. Veel bewoners stellen dat op prijs.

## Verse lucht

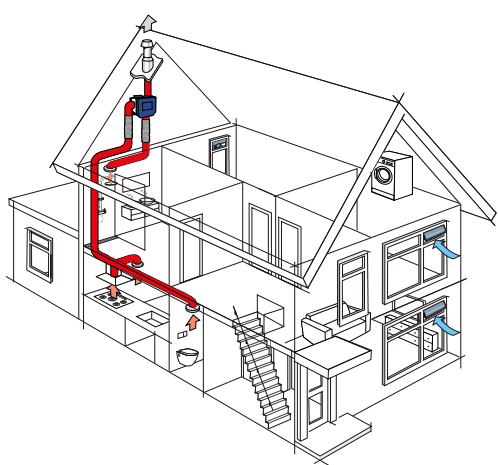
In verse lucht van buiten zit minder CO<sub>2</sub> dan in de lucht in huis. De buitenlucht bevat ongeveer 400-430 ppm CO<sub>2</sub> (parts per million). Binnen kan het CO<sub>2</sub>-gehalte snel oplopen. Bij 800-1200 ppm is meer ventilatie wenselijk. Bij een CO<sub>2</sub>-gehalte van 1200 ppm is meer ventileren noodzakelijk.

## Mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer is lastig:

- op plaatsen met veel buitengeluid
- op plaatsen met veel luchtverontreiniging
- bij hoogbouw
- in energiezuinige woningen bedoeld voor ouderen.

## Een gewaarschuwd mens...

- In het blad *Aannemer* (december 2014) schrijft Henk Wegkamp over het gebruik van C-systemen in twintig huurwoningen. Het blijkt dat in geen van de woningen (!) de ventilatie goed werkte.
- Het *MONicair-consortium* heeft de luchtkwaliteit in een reeks van woningen per verblijfsruimte een jaar lang gemonitord. Het blijkt dat in maar liefst negentig procent van de woningen (!) het binnenklimaat niet aan de gestelde eisen voldoet. In sommige vertrekken en op sommige tijdstippen is de luchtkwaliteit ronduit slecht.



Een ventilatiesysteem van type C bestaat uit ventilatiekanalen met afvoerpunten op verschillende plaatsen in huis. De kanalen leiden naar een ventilator in een MV-box die meestal op zolder of in een techniek-kast hangt. De afgevoerde lucht gaat via een dakdoorvoer naar buiten. In de gevel, vaak in de kozijnen, zijn ventilatieroosters aangebracht. Binnendeuren hebben een overstroomvoorziening in de vorm van een spleet van 1,5 tot 2 centimeter aan de boven- of onderkant.

Doordat de lucht mechanisch wordt afgezogen, ontstaat er een onderdruk. Met de winddruk op de gevel zorgt deze ervoor dat verse buitenlucht door de roosters naar binnen stroomt. Als het systeem goed werkt, ontstaat er in de hele woning een luchtstroom. Verse lucht komt binnen in de woonkamer en de slaapkamers en wordt afgezogen op plaatsen waar de meeste verontreiniging ontstaat: keuken, badkamer en toilet. Vocht en geurtjes dringen niet door tot de rest van de woning, terwijl de kamers de meest verse lucht krijgen.

Stelselprincipes	Natuurlijke toevoer	Mechanische toevoer
Natuurlijke afvoer	<b>Systeem A</b> Dit systeem past niet bij energiezuinige woningbouw.	<b>Systeem B</b> Dit systeem werd vroeger vaak gecombineerd met luchtverwarming.
Mechanische afvoer	<b>Systeem C</b> Een systeem met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer wordt kortweg 'mechanische ventilatie' genoemd. Hierover gaat deze publicatie.	<b>Systeem D</b> Een systeem met mechanische toevoer en mechanische afvoer wordt meestal balansventilatie genoemd <sup>1</sup> .

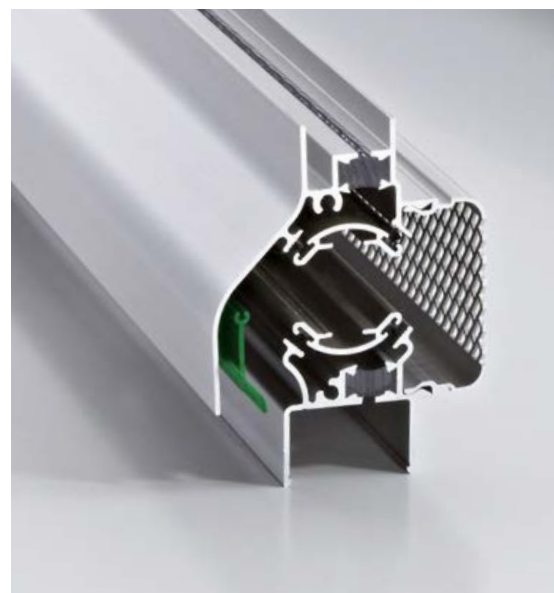
1) Over balansventilatie (type D) is door het Lente-akkoord een aparte publicatie uitgebracht: 'Balansventilatie met wtw in de woningbouw', december 2014. Lees deze ook voor nog meer *do's & don'ts* en uitvoeringstips rond ventilatie.



De meest eenvoudige C-systemen kunnen echter niet in alle kamers voldoende verse lucht garanderen. Alleen de zogenoemde C4b- en C4c-systemen kunnen dat. In deze brochure staat hoe dat komt en waar u bij de aanleg van die systemen rekening moet houden.

### Bouwregels zijn geen garantie

Het [Bouwbesluit](#) noemt slechts minimale eisen. Deze garanderen nog geen gezonde woning. Ook als het ventilatiesysteem netjes aan de bouwregels voldoet, kan het vooral in de slaapkamers soms benauwd zijn. Wie zeker wil zijn dat het systeem goed werkt, kiest voor meer afvoerpunten. Niet alleen in keuken, toilet, badkamer, maar ook in de woon- en slaapkamers en bij de opstelruimte voor wasmachine en droger. [ISSO-publicatie 92](#) noemt aanvullende kwaliteitseisen en werkt die uit in het ventilatieontwerp.



*Eenvoudig zelfregelend ventilatierooster. Bij winddruk sluit het groene flapje de instroomopening meer of minder af. De bewoner kan het afdekkrooster eraf nemen om het geheel schoon te maken.*

# 2

## Een robuust ventilatiesysteem

Mensen hebben weinig 'neus' voor luchtkwaliteit. Goede ventilatie zit daardoor niet in het bewustzijn van mensen. De kracht van voorlichting is beperkt. Daarom is een goed ventilatiesysteem robuust: het werkt grotendeels vanzelf en functioneert ook goed als bewoners het niet optimaal bedienen.

Bouwpartijen gaan er vaak onbewust vanuit dat bewoners snappen hoe de ventilatie werkt en er inderdaad goed mee omgaan. De praktijk is anders. De meeste mensen zijn zich niet eens bewust van het nut van ventilatie. Bewoners doen vaak precies de verkeerde dingen. Wat leert de praktijk ons? En hoe kunnen bouwpartijen daar op inspelen?





# Leren van ervaringen

## Wat als er tocht ontstaat?

Via ventilatieroosters komt verse lucht onverwarmd binnen. In een slecht geïsoleerde woning is dat geen probleem: de relatief koude lucht wordt gemengd met warme lucht die opstijgt van een convector of radiator onder het raam. In een goed geïsoleerde woning en zeker in woningen met vloer- of wandverwarming werkt dat niet. De warmtevraag is klein en koude lucht daalt vóór deze zich kan vermengen met opstijgende warme lucht. Dat gebeurt vooral in het voor- en najaar bij een buitentemperatuur van rond de 10 °C. Dan is er geen warmtevraag in de woning, terwijl de buitenlucht onaangenaam koud is. Het gevolg is tocht. Het is een veel voorkomende klacht. Als bewoners er last van hebben, doen zij de roosters dicht. Veel mensen vergeten het om ze later weer open te zetten. Met voorlichting, hoe goed ook, is daar weinig aan te doen.

## Aanbevelingen voor een robuust systeem:

- Gebruik zelfregelende ventilatieroosters. Dat zijn roosters waarin een klep zit die ervoor zorgt dat de luchtstroom constant is, ook al wisselt de winddruk. Dat verkleint de kans op tocht. Er bestaan ook elektrisch gestuurde roosters. Die worden niet alleen op winddruk gestuurd, maar ook op tijd, aanwezigheid en/of CO<sub>2</sub>-concentratie.
- Plaats niet te weinig, maar ook niet teveel ventilatieroosters.
- Denk in de plattegrond goed na over de plaats van de roosters. Plaats deze als dat kan bij loopruimtes.
- Ventileer als dat kan via een onverwarmde serre. De verse lucht is op veel momenten voorverwarmd.
- Pas ventilatieroosters toe die verse lucht zoveel mogelijk langs het plafond leiden.
- Als het echt niet anders kan, gebruik dan een ventilatierooster waarbij de lucht elektrisch wordt voorverwarmd. Dat kost meer energie, maar neemt het gevoel van tocht weg.

## Bewonersgedrag

Bewoners zijn geneigd de ventilatieroosters te sluiten op de plaats waar ze op dat moment zijn. Voor een goed werkend systeem moeten de roosters daar juist open worden gezet.



*Weggewerkte zelfregelende suskast voor zwaar geluidbelaste gevel.*



*Een zelfregelend ventilatierooster met een opwaartse luchtstroom en een voorverwarmingsstrip voor verbeterd comfort.*

## Luchtstroom

Lucht kiest altijd de weg van de minste weerstand. Dus als er in huis ergens een raam openstaat, stroomt de ventilatielucht via een andere route door de woning. Sommige kamers blijven dan verstoken van verse lucht.

## Tip

### Afzuigkap

Sluit de afzuigkap niet aan op de mechanische installatie, maar zorg voor een afvoer rechtstreeks naar buiten. Een afzuigkap met een motor en een eigen afvoer heeft een hogere capaciteit en vervuult de kanalen van het ventilatiesysteem niet. Zorg dat er voldoende lucht aangevoerd kan worden, door een klepraampje of een extra ventilatierooster met voldoende capaciteit.

## Wat als bewoners een raam open zetten?

Iedereen wil een raam open kunnen zetten. Bijvoorbeeld een klepraam in toilet, badkamer en/of keuken. Sommige mensen slapen bij voorkeur met het raam open. Soms ontstaat daardoor 'kortsluiting': verse lucht komt door het open raam binnen en verdwijnt direct weer via het afzuigpunt. Kamers waar geen raam openstaat, krijgen daardoor geen verse lucht.

Neem bijvoorbeeld een woning met kinderslaapkamers aan de voorkant en de ouderslaapkamer aan de achterkant. De kinderen slapen met de ramen en de kamerdeur dicht, terwijl de ouders de ramen naar de tuin en de deur naar de overloop liefst open laten staan. Wat gebeurt er dan? Verse lucht komt via de ouderslaapkamer binnen en verdwijnt door het afvoerpunt in de badkamer. Via de ventilatieroosters in de slaapkamer van de kinderen komt bijna geen verse lucht binnen. Weinig bewoners snappen dit. Het is niet uit te leggen dat het voor de ventilatie beter is de ramen te sluiten.

### Aanbevelingen voor een robuust systeem:

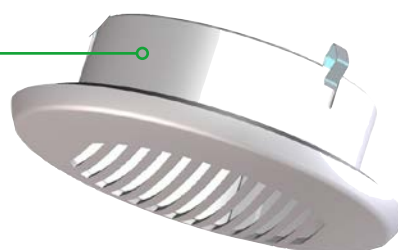
- Vermijd kortsluiting. Zorg dus in de ontwerpfase dat er voldoende afstand is tussen te openen ramen en afzuigpunten.
- Kies voor meerdere afzuigpunten. Niet alleen in keuken, toilet en badkamer, maar ook in de verschillende kamers. Vooral in de slaapkamers.
- Kies een systeem met vraagsturing, liefst op basis van CO<sub>2</sub>-meting per afzuigpunt.



*Alternatief voor een spleet onder de deur is een overstroomvoorziening boven de deur. Een speciaal profiel laat lucht door, maar houdt geluid en licht tegen*



*Een uniform ventiel dat op ieder afzuigpunt past. Het kan door schoonmaken niet worden ontregeld.*



*Het roodblauwe deel bevat een klep die op basis van CO<sub>2</sub>-meting wordt aangestuurd. De bewoner kan het witte plafondventiel eraf halen en schoonmaken. Het maakt niet uit op welk afvoerpunt het ventiel wordt teruggeplaatst.*

### **Wat als de deurspleten worden geblokkeerd?**

Bij mechanische ventilatie hebben de binnendeuren een overstroomvoorziening. Vaak in de vorm van een spleet van 1,5 tot 2 centimeter aan de onderkant van de deur. In de praktijk snappen bewoners vaak niet waar die voor dient. Soms hebben kinderen in hun slaapkamer last van licht van de gang. Sommige bewoners sluiten de spleet af met een tochtstrip. Anderen 'benutten' deze om tapijt netjes door te laten lopen naar de aangrenzende ruimte. De luchtstroom wordt dan belemmerd.

*Aanbevelingen voor een robuust systeem:*

- Leg aan bewoners uit waar de deurspleten voor dienen.
- Kies deuren met een overstroomvoorziening aan de bovenkant. Gebruik een profiel dat wel lucht, maar geen licht doorlaat.
- Kies voor een systeem met in iedere kamer een afvoerpunt. Dan zijn de deurspleten niet overal nodig.



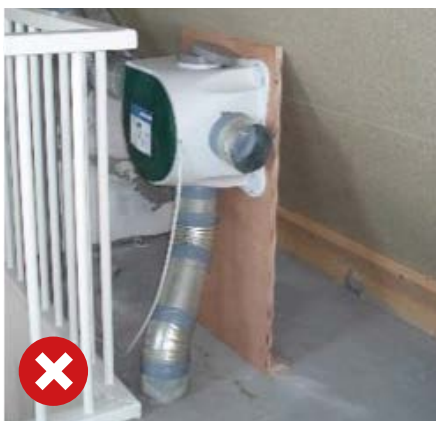
*Een afzuigventiel in de badkamer dat voor deze ruimte is afgesteld. Bij een schoonmaakbeurt mag het ventiel niet worden verwisseld met andere ventielen.*

## Geluidoverlast

Als het geluid van een ventilatiesysteem hinderlijk is, zetten bewoners de ventilator soms uit, met alle gevolgen van dien.



*Strakke montage van de ventilatie-unit. Verbeterpunten: er zijn geen geluiddempers toegepast. De installatie hangt niet in een gesloten kast, maar op een open zolder waardoor geluid in de woning kan doordringen.*



*De MV-box is bevestigd aan een stuk multiplex dat gaat werken als klankkast en alle installatiegeluiden versterkt. De installatie staat bovendien in een open ruimte.*

## Wat als de ventilatie herrie maakt?

De eis die het Bouwbesluit stelt aan installatiegeluid is maximaal 30 dB. Dat is stil en daar is goed aan te voldoen. Sommige systemen halen dat echter alleen op papier. Bij ontwerp, realisatie, inregeling of onderhoud worden fouten gemaakt waardoor extra geluid ontstaat. Bijvoorbeeld als de ventilatiekanalen vervuild of beschadigd zijn. Dan is er extra weerstand, waardoor de installatie harder gaat werken. Ventielen en ventilatieroosters gaan fluiten en de ventilator maakt veel geluid omdat hij steeds in de hoogste stand staat. Soms hangt de MV-box op een open zolder die het geluid via het trapgat naar de hele woning stuurt. Soms zijn er geen geluiddempers in de luchtkanalen toegepast. Bewoners hebben er last van en zetten het systeem soms uit.

*Aanbevelingen voor een robuust systeem:*

- Ontwerp de installatie zo, dat hij al in stand 2 de capaciteit haalt die het Bouwbesluit eist.
- Monteer de MV-box op een wand met een massa van minstens 200 kg per vierkante meter. Het geluid wordt dan niet doorgegeven.
- Zorg dat er minstens twee deuren zijn tussen een (slaap)kamer en de MV-box, bijvoorbeeld door de MV-box in een af te sluiten kast te hangen.
- Voorkom extra bochten in het leidingwerk van het ventilatiekanaal. Zorg voor een 3d-ontwerp van de kanalen.
- Pas geluiddempers van de juiste lengte toe op kritische punten bij de MV-box. Zorg in het ontwerp dat de installateur daarvoor voldoende ruimte heeft.
- Gebruik ventilatiekanalen die zo weinig mogelijk weerstand geven.
- Leg voor ieder afzuigpunt een apart ventilatiekanaal aan zodat er geen vertakkingen zijn. Daardoor is het bovendien makkelijker om de kanalen vanbinnen schoon te maken.
- Werk zorgvuldig en zie daarop toe. Bescherm tijdens de bouw alle onderdelen tegen beschadiging en vervuiling.





### Wat als de bewoners het systeem schoonmaken?

Op de roosters en ventielen slaat vuil neer. Bewoners halen de kapjes er van tijd tot tijd af om ze met water en zeep schoon te maken. Dat is prima. Maar sommige ventielen zijn afgesteld op een bepaald debiet. Als die bij het terugplaatsen worden verwisseld, raakt het systeem ontregeld. In de woonkamer wordt dan te weinig lucht afgevoerd en in het toilet teveel.

#### Aanbevelingen voor een robuust systeem:

- Markeer ventielen met een code, bijvoorbeeld cijfers of kleuren.
- Beter: kies voor een systeem met aparte ventilatiekanalen naar de verschillende afzuigpunten. Het debiet wordt dan bij de MV-box of een verdeelbox (plenum) ingeregeld en niet op de ventielen.



*Geopende MV-box. In de doorzichtige moffen zit een klep die op basis van CO<sub>2</sub>, VOC (vluchtige organische stoffen) en vochtigheid kan worden gestuurd.*

# 3

Het is de kunst om verse lucht in de juiste hoeveelheid, op het juiste moment en op de juiste plaats aan te voeren. Als er meer mensen in een kamer zijn of er komt vocht vrij, is er meer ventilatie nodig. In ruimtes waar niets gebeurt, kan de ventilatie omlaag.



*Eenvoudige handbediening in de keuken.*

## Vraaggestuurde ventilatie

De term 'vraaggestuurde ventilatie' wordt in de praktijk gebruikt voor alle ventilatie systemen waarbij de luchtstroom automatisch wordt geregeld. Dat geldt dus voor alle systemen C3 en C4.

## Regelsystemen

De capaciteit van mechanische ventilatie wordt geregeld op de aanvoer en/of de afvoer. De aanvoer wordt geregeld door ventilatieroosters verder open of dicht te zetten. De afvoer wordt geregeld door de ventilator in de MV-box harder of zachter te zetten en/of door het debiet van de verschillende afzuigpunten te regelen. Hiervoor bestaan verschillende systemen.

## Zonering

Regeling van het ventilatiesysteem is vooral effectief als het systeem ook gezoneerd is. Dat wil zeggen: als de ventilatie in twee of meer zones van de woning afzonderlijk kan worden geregeld.

De beste systemen regelen de luchtstroom per kamer op basis van CO<sub>2</sub> en waar nodig luchtvochtigheid. Dat kan met afvoerpunten in toilet, badkamer en keuken én in de woon- en slaapkamers. In een woning met een aparte opstelplaats voor wasmachine en droger is het aan te bevelen ook daar een afvoerpunt te maken. Ieder afvoerpunt is met een apart kanaal en een regelbare klep aangesloten op een verzamelbox (plenum) of direct op de MV-box. Daar bevinden zich in ieder kanaal een sensor voor CO<sub>2</sub> en/of luchtvochtigheid. Continu stuurt die per kanaal de regelbare klep op de gevraagde capaciteit.

## Zonering + regeling = robuust

Een goede automatische regeling waarborgt voldoende verse lucht. De luchttoevoer neemt toe als er meer mensen in een kamer zijn en roosters gaan verder dicht bij windvlagen. Bewoners hoeven er zelf weinig aan te doen. Ze kunnen er natuurlijk wel iets aan doen. De meest robuuste regelingen werken in de basis automatisch, maar bieden ruimte voor handmatig bijstellen. Door zonering is de ventilatie per kamer te regelen. De ventilatie in de ene kamer is daardoor niet meer afhankelijk van ramen die in een andere kamer wel of niet gesloten zijn. Door handmatig overrulen van de automatische regeling kunnen de bewoners dus niets fout doen.

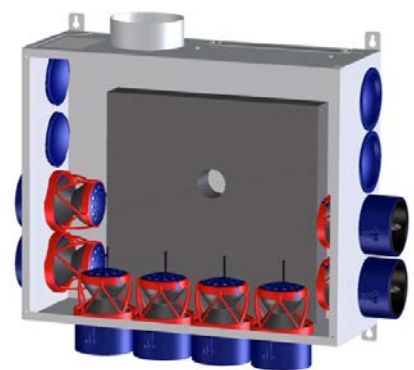
# Regeling en zonering

## Mogelijkheden om de luchtvolumestroom in de woning te regelen

<i>Handbediening</i>	De afvoerventilator wordt handmatig bediend met een drie- of meerstandenschakelaar. Ook ventilatieroosters worden met de hand bediend. Het risico is, dat je pas te laat merkt als een rooster dichtstaat.
<i>Regeling op winddruk</i>	Winddrukgeregelde roosters zijn tegenwoordig de standaard. Dit zijn roosters met een ingebouwde klep. Hierdoor is de luchtstroom bij wisselende winddruk redelijk constant en wordt tocht vermeden.
<i>Regeling op CO<sub>2</sub></i>	De afvoerventilator en/of de ventilatieroosters worden automatisch geregeld op basis van de CO <sub>2</sub> -concentratie. De CO <sub>2</sub> moet worden gemeten in de kamer waar de ventilatie ook werkelijk wordt geregeld. Eén CO <sub>2</sub> -sensor is te weinig om de luchtkwaliteit in een hele woning te waarborgen.
<i>Tijdsturing</i>	De afvoerventilator wordt met een tijdklok geregeld. Ook ventilatieroosters kunnen hiermee worden gestuurd. De bewoners stellen de tijdklok net als een klokthermostaat in.
<i>Relatieve luchtvochtigheid</i>	De afvoerventilator wordt automatisch geregeld op basis van de relatieve luchtvochtigheid. De lucht in de keuken en de badkamer is daarbij maatgevend.
<i>Calamiteiten-schakelaar</i>	Bij een calamiteit (als de sirene gaat) moet het systeem kunnen worden uitgezet. Hiervoor dient een calamiteitschakelaar op een handige plaats, bijvoorbeeld in de meterkast. De bewoner moet worden gewaarschuwd als het systeem enige tijd uitstaat.
<i>Feedback</i>	Een eenvoudig feedback-systeem is nodig om de bewoner te informeren over de werking van de ventilatie. Bijvoorbeeld een display in de woonkamer met een LED 'in werking'.

## Niet teveel en niet te weinig

- Te weinig ventilatie leidt tot een ongezond binnenklimaat: een hogere luchtvochtigheid en hogere concentraties CO<sub>2</sub>, radon en vluchtige organische stoffen.
- Teveel ventilatie leidt tot onnodig energiegebruik, onnodig installatiegeluid en een grotere kans op tocht.



Een verdeelbox (plenum) met regelbare kleppen. Ieder afvoerpunt is met een apart ventilatiekanaal hierop aangesloten. Met de kleppen wordt de capaciteit per afvoerpunt geregeld.

## Prijs- en kwaliteitsvergelijking van de acht C-systeemvarianten

1=zwak  
2=matig  
3=voldoende  
4=goed  
5=uitstekend

Systeemvariant

De waardering van luchtkwaliteit, comfort en geluid is gebaseerd op expert judgement door de Expertgroep Mechanische Ventilatie van het Lente-akkoord (zie verantwoording). Hierbij is geen rekening gehouden met merkspecifieke verbeteringen.

### C1 Handmatige bediening van ventilatieroosters en afvoerventilator

Dit systeem vindt in nieuwbouw en energiezuinige renovatie bijna geen toepassing meer omdat er alternatieven zijn die meer comfort en een betere energieprestatie realiseren.

### C2 Handmatige bediening van de afvoerventilator en winddrukgergelde ventilatieroosters

De prestatie van dit systeem is matig omdat er vaak te weinig wordt geventileerd, met als gevolg lage luchtkwaliteit, en soms te veel. Dan leidt het tot hogere energiekosten en kans op tocht.

### C3a Tijdsturing op afvoerventilator en handmatige bediening van ventilatieroosters

De capaciteit van de afvoerventilator wordt afgestemd op de bezettingsgraad van de woning als geheel. Daardoor wordt in sommige ruimtes vaak teveel geventileerd. Ventilatieroosters hebben geen regeling voor winddruk. Dat geeft kans op tocht.

### C3b Tijdsturing op afvoerventilator en winddrukgergelde ventilatieroosters

De capaciteit van de afvoerventilator wordt afgestemd op de bezettingsgraad van de woning als geheel. Daardoor wordt in sommige ruimtes vaak teveel geventileerd. Kans op tocht zoals bij C3a is ondervangen door gebruik van zelfregelende roosters.

### C3c Tijdsturing op toevoer en afvoer

In nieuwbouw en energiezuinige renovatie vindt dit systeem bijna geen toepassing. Als een ventilatierooster toch al elektronisch wordt gestuurd, is het net zo makkelijk direct te kiezen voor CO<sub>2</sub>-sturing.

### C4a CO<sub>2</sub>-sturing op afvoer met één sensor in de woning en winddrukgergelde ventilatieroosters

De lucht volumestroom in de hele woning wordt gestuurd op basis van één CO<sub>2</sub>-meting. Dit systeem is af te raden omdat slaapkamers 's nachts te weinig verse lucht krijgen. De CO<sub>2</sub>-sensor hangt immers in de woonkamer waar in die uren niemand is.



### C4b CO<sub>2</sub>-sturing indirect op toevoer per verblijfsruimte

Dit systeem maakt gebruik van CO<sub>2</sub>-gestuurde ventilatieroosters. Het systeem is gemakkelijk te bedienen. Als de CO<sub>2</sub> hoog is, gaan de roosters meer open. De toevoerroosters geven dan een signaal aan de afvoerbox om meer af te zuigen. Ook bij weinig winddruk op de gevel is de luchtverversing in elke ruimte gegarandeerd.



### C4c CO<sub>2</sub>-sturing op afvoer met een sensor per verblijfsruimte, winddrukgergelde ventilatieroosters

Door in iedere verblijfsruimte een CO<sub>2</sub>-sensor te hangen, wordt het nadeel van C4a ondervangen. Als dit systeem zonder zonering wordt uitgevoerd, wordt de capaciteit van de afvoerventilator bepaald op de hoogst gemeten CO<sub>2</sub>-waarde. In verblijfsruimtes waar langere tijd niemand is, kan de ventilatiecapaciteit daardoor onnodig hoog zijn. Dat bezwaar wordt opgelost met zonering. Dan wordt de afvoercapaciteit per zone op basis van CO<sub>2</sub> geregeld.



Mechanische ventilatie in woningen										
Luchtkwaliteit				Energie	Comfort			Geluid	Prijsindicatie	
Woonkamer (weging 30%)	Slaapkamers (weging 50%)	Vochtafvoer keuken en badkamer (weging 20%)	Totaal luchtkwaliteit zonder resp. met zonering	Effect op EPC	Geen tocht (33%)	Bedieningsgemak (33%)	Onderhoudsgemak (33%)	Totaal comfort	Afwezigheid van ventilatie-geluid	Meerkosten (incl. aannemers-opslagen excl. btw)
2	1	2	1,5	+0,106	1	3	4	2,7	4	€ 1.750
<p>Het EPC-effect is berekend door Nieman Raadgevende Ingenieurs (2015) op basis van de forfaitaire systeemvariant voor een RVO-standaard (tussen) woning met een EPC-basis van 0,399. Veel C-systemen leiden tot een (iets) hogere EPC. Alleen C4b en C4c leiden tot een iets lagere EPC.</p>										
3	2	3	2,5	+0,062 tot +0,088	3	3	4	3,3	4	€ 1.765
3-4	1-3	2-3	1,8-3,3	+0,042	2	2	4	2,7	3	€ 1.850
<p>1,8 zonder zonering, 3,3 met zonering. Zonering wil zeggen, dat de ventilatie in twee of meer zones van de woning afzonderlijk kan worden geregeld. Zo kunnen slaapkamers los van de woonkamer worden geventileerd.</p>										
3	2-3	3	2,5-3,0	+0,026	3	2	4	3,0	3	€ 1.875
4	2-3	3	2,8-3,3	+0,006	2	2	4	2,7	3	geen prijs opgevraagd
4	1	3	2,3	+0,014	3	4	3	3,3	4	€ 2.280
4	3	4	3,5	-0,017	3	3	3	3,0	4	€ 4.700
4-5	3-4	4	3,5-4,3	-0,004	4	4	3	3,7	4	€ 2.900
<p>Met 3 CO2-sensors. Extra CO2-sensors zijn € 300 per stuk.</p>										
<p>De prijsindicaties zijn berekend door Ingenieursbureau Multical voor een RVO-standaard (tussen) woning (peildatum 1 september 2015).</p>										

# 4



*In het ontwerp is de opstelling van de ventilatie-unit niet doordacht. De bochten zijn glad, maar het zijn er onnodig veel. Daardoor is er toch extra luchtweerstand. De ventilatiekanalen sluiten niet goed aan. Openingen zijn provisorisch met plakband afgewerkt. Montage kost op deze manier veel tijd en geld en het resultaat is niet optimaal.*



*In het ontwerp is geen rekening gehouden met de installaties. Het deksel van de ventilatie-unit kan nauwelijks open. Daarnaast hangt de unit aan een knieschot. Het geluid van de ventilator wordt daardoor versterkt. Ook zijn er geen geluiddempers toegepast.*

De weg tussen ontwerp en gebruik is lang. Het eindresultaat is alleen goed als er bij iedere stap goed werk wordt geleverd. Fouten onderweg kunnen later vaak niet meer worden hersteld.

## Programma van Eisen

- Kijk niet alleen naar de prijs, maar ook naar kwaliteit op het gebied van comfort, geluid, energie en gezondheid.
- Denk goed na over de samenhang tussen verwarmen, koelen en ventileren.
- Maak op basis van het PvE een keuze voor één systeem-principe en houd daar in de rest van het proces aan vast.

## Ontwerp

- Maak een goede ventilatieberekening.
- Ga niet te krap zitten: zorg dat de installatie al in stand 2 voldoet aan de eisen uit het Bouwbesluit.
- Zorg voor afzuigpunten in meerdere kamers. Ontwerp per afzuigpunt een apart ventilatiekanaal.
- Kies zelfregelende ventilatieroosters, reken uit hoeveel er nodig zijn en bedenk in de plattegrond waar ze moeten komen: als het kan bij loopruimtes.
- Ontwerp eenvoudige middelen waarmee bewoners het systeem kunnen bedienen: een goed koord aan het ventilatierooster, duidelijke knoppen, een centrale plaats voor het regelsysteem en een begrijpelijk feedbacksysteem.
- Houd genoeg ruimte vrij voor de opstelling van de MV-box.
- Betrek de installateur en de fabrikant van het systeem bij het ontwerp, zodat afstemming gewaarborgd is.

# Kwaliteit van kop tot staart

## Bestek en aanbesteding

- Vertaal het ontwerp goed door naar het bestek.
- Schrijf de juiste ventilatiekanalen voor. Er bestaan enigszins flexibele buizen die glad zijn vanbinnen. Vaak zijn ze van kunststof. Ze worden in ruime bochten aangelegd en daarna ingestort.
- Let op: de leverancier van kozijnen en ventilatieroosters is meestal een ander dan de leverancier van de rest van het systeem. Zorg dat iedereen uitgaat van dezelfde keuzes.
- Maak bij aanbesteding duidelijk dat de kwaliteit wordt getoetst: inregeling, debiet en geluidproductie.

## Uitvoering

- Controleer of de afgesproken materialen worden gebruikt. Worden deze goed verwerkt en gemonteerd?
- Zie erop toe dat iedereen inderdaad uitgaat van hetzelfde systeem.
- Voorkom beschadiging en vervuiling van ventilatiekanalen en andere componenten.
- Hang de MV-box in een kast aan een wand met massa. Pas geluiddempers op de juiste manier toe.
- Gebruik de juiste ventilatiekanalen. Leg deze met ruime bochten aan. Geen hoeken en vertakkingen. Zorg voor gladde bochten. Geen plooi-bochten.

## Oplevering en overdracht

- Zorg dat het systeem goed wordt ingeregeld.
- Controleer of het systeem aan de eisen voldoet. Gebruik daarvoor het [ISSO-opnameprotocol](#), onderdeel ventilatie.
- Overweeg een [Ventilatieprestatiekeuring](#) volgens BRL 8010 te laten uitvoeren.
- Leg de bewoner in eenvoudige taal uit hoe het systeem werkt en wat hij wel en niet kan verwachten. Kom later terug om na te gaan of hij het inderdaad snapt.

## Beheer en onderhoud

- Denk aan een onderhoudscontract. De MV-box moet eens per twee jaar worden nagekeken. Ventilatiekanalen moeten eens per vier jaar worden gereinigd.
- Leg de bewoners uit hoe zij de ventilatieroosters en de ventielen schoon kunnen maken.



*Een strak gemonteerde ventilatie-unit.  
Verbeterpunt: de bochten zijn niet glad vanbinnen  
waardoor extra luchtweerstand ontstaat.*



*Sterk vervuilde ventilatie-unit zorgt voor minder  
vermogen, meer geluid en extra energiegebruik.*

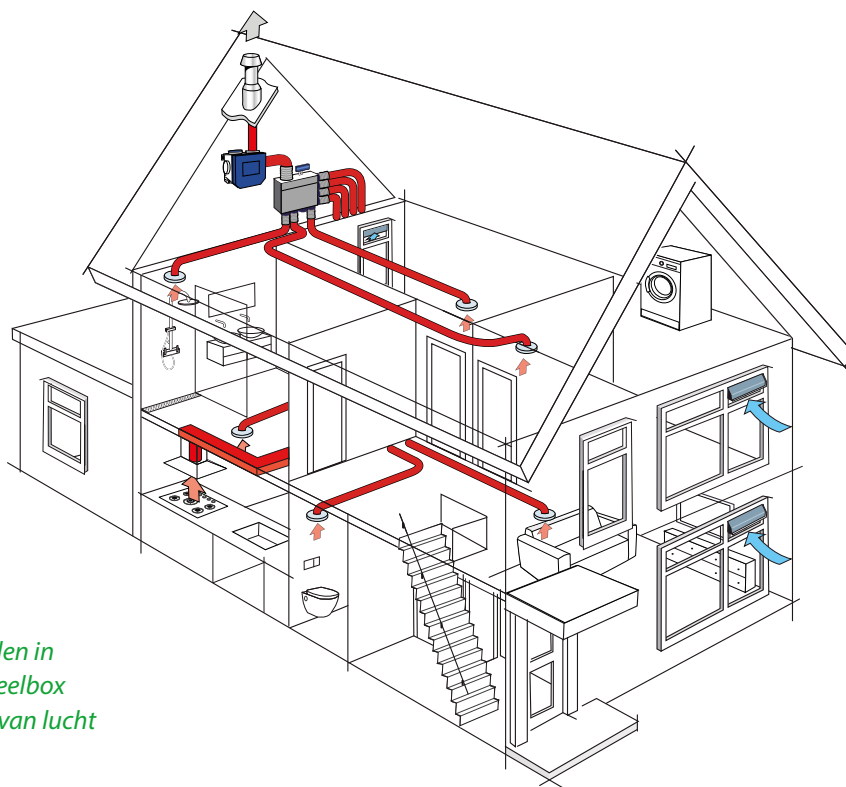
# 5



*Als onderdeel van de ventilatieprestatiekeuring wordt het ventilatiedebiet van ieder afvoerpunt gemeten.*



Een goed aangelegd C4b- of C4c-systeem is robuust. Dat wil zeggen dat de regeling grotendeels automatisch gaat. Bewoners kunnen de regelingen overrulen, maar het systeem blijft altijd goed werken, ook al wordt het niet optimaal bediend. De techniek legt geen beperkingen op aan hoe bewoners hun huis willen gebruiken.



*Mechanische afvoer van lucht via afvoerventielen in alle kamers. Deze zijn aangesloten op een verdeelbox (plenum) met CO<sub>2</sub>-gestuurde kleppen. Toevoer van lucht via winddrukgerregelde roosters in de ramen.*

# De beste mechanische ventilatie

Kenmerken van een goed ontworpen C4b- of C4c-systeem:

- Er zijn meerdere afzuigpunten in huis. Niet alleen in badkamer, keuken en toilet, maar ook in de woon- en slaapkamers.
- Per kamer wordt CO<sub>2</sub> en waar nodig relatieve luchtvochtigheid gemeten. Op basis daarvan wordt de luchtstroom in die kamer geregeld.
- Ventilatioosters zijn zelfregelend op winddruk. De roosters zijn bovendien zo ontworpen dat ze de lucht zoveel mogelijk langs het plafond leiden.
- Eén CO<sub>2</sub>-meter in huis is per definitie te weinig.
- Ventilatiekanalen hebben een ruime diameter, zijn glad vanbinnen en zijn aangelegd met ruime bochten, zonder vertakkingen. De weerstand in het systeem is daardoor minimaal en er ontstaat bijna geen geluid.
- De ventilatiebox hangt in een afsluitbare kast aan een constructieonderdeel met genoeg bouwmassa. Geluid dringt dan minder door.
- Bij de MV-box zijn geluiddempers toegepast.
- Alle leveranciers werken vanuit hetzelfde principe. Het systeem is met zorg ontworpen, geïnstalleerd en ingeregeld. Bij oplevering is gecontroleerd of het aan de eisen voldoet.
- Om het systeem energiezuinig te maken, wordt de warmte uit de afgevoerde lucht met een ventilatiewarmtepomp teruggewonnen.

Een goed systeem levert de bewoners comfort en voldoende luchtverversing tegen minimale energiekosten.

## Ventilatiewarmtepomp

Met de afgevoerde lucht gaat warmte verloren. In koudere maanden leidt dat tot energieverlies. Met een ventilatiewarmtepomp wordt dat verlies beperkt. De warmte wordt toegevoegd aan tapwater en/of ruimteverwarming. In de EPC levert dat een aftrek op van 0,22 tot 0,26.



*Goede ventilatiekanalen zijn enigszins flexibel en glad vanbinnen. Ze worden met ruime bochten aangelegd.*



*Bedieningspaneel en feedback via smartphone*



## Verder lezen

- Het Lente-akkoord heeft de [KopStaart aanpak](#) uitgebracht. Dit is een handleiding voor een gezonde kwaliteitsslag in de energiezuinige nieuwbouw van woningen. De aanpak bestaat uit twintig praktische aandachtspunten voor opdrachtgevers om de kwaliteit van het bouwproces van A tot Z te borgen.
- Het bedrijfsleven heeft de [Ventilatieprestatiekeuring](#) ontwikkeld om de kwaliteit van installaties te borgen (BRL 8010).
- Eenzelfde maar iets lichtere ventilatietoets is opgenomen in het [ISSO-opnameprotocol voor de oplevering van EPC en ventilatie voor nieuwbouwwoningen](#).
- Kijk voor consumenteninformatie over mechanische ventilatie bij: [www.milieucentraal.nl](http://www.milieucentraal.nl) en zoek op 'mechanische ventilatie'.
- Uneto-VNI heeft een tool waar mee u eenvoudig een [eigen gebruikshandleiding voor uw ventilatiesysteem](#) kunt maken.
- Aedes, de organisatie van woningcorporaties, heeft een [basisdocument voor een programma van eisen voor woningventilatie](#) uitgebracht.
- ISSO, het kennisinstituut voor de installatiesector, heeft [diverse publicaties over ontwerp, aanleg en gebruik van ventilatiesystemen](#) uitgebracht. [ISSO-publicatie 92](#) gaat specifiek over C-systemen.
- Uneto-VNI heeft alle relevante, actuele informatie gebundeld op het [Ledennet](#). Ga naar menu 'dossiers', dossier 'ventilatie'.
- De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland heeft in 2014 een [Infoblad Ventilatiesystemen in energiezuinige nieuwbouwwoningen](#) uitgebracht.
- Het onderzoek van het Monicair-consortium dat in deze publicatie is aangehaald, vindt u [hier](#).
- Het artikel van Henk Wegkamp dat ook in deze publicatie is aangehaald, vindt u [hier](#).

## Verantwoording

Deze tekst is gemaakt in samenwerking met de Expertgroep Mechanische Ventilatie van het Lente-akkoord. Deze groep is op initiatief van het Lente-akkoord bijeengebracht en bestaat uit: Jacob van Berkel (Entry Technology Support BV), Tim Beuker en Atze Boerstra (BBA Binnenmilieu BV), Claudia Bouwens (Lente-akkoord, voorzitter), Bart Cremers (Zehnder Group), Richard Geraerts (DUCO Ventilation & Sun Control), Marcel Grootenboer (De Alliantie), Bas Hasselaar (SBR CURnet), Marco Hofman (ISSO), Jan Roelof Hoving (Vereniging Eigen Huis), Dave Kroezen (Eska Filters), Yves Lambert (Renson Ventilation), Willem de Lange (Zehnder Ventilatie), Nelleke Nelis (VACPunt Wonen), Zoe Nguyen (Ventilair Group), Folco van Oosterhout (Itho-Daalderop), Yuri Pelser (Ymere), Onno van Rijsbergen (Woonbond), Harm Valk (Nieman RI), Jan van Veen (Geveke Bouw), Stefan Verbrugge (DUCO Ventilation & Sun Control) en Henk Wegkamp (Dantuma-Wegkamp BV).

## Colofon

**Samenstelling & redactie** > Claudia Bouwens (NEPROM, Lente-akkoord)

**Tekst** > Henk Bouwmeester

**Ontwerp** >

Griffel & Bok Communicatiecoöperatie

**Omslagfoto** > Johannes Odé

**Illustraties en foto's** > Biom.nl, Buva, Duco, DWA, ISSO, Itho-Daalderop, Johannes Odé, Onno van Rijsbergen, Orcon, Henk Wegkamp, VACPunt Wonen, Ymere, Zehnder, Nationale Beeldbank

**Druk** > De Bink, Leiden

Extra brochures zijn te bestellen via

[info@lente-akkoord.nl](mailto:info@lente-akkoord.nl)

De digitale versie is te vinden op

[www.lente-akkoord.nl](http://www.lente-akkoord.nl)

Tweede digitale versie december 2015

[www.lente-akkoord.nl](http://www.lente-akkoord.nl)

## Een nieuwe kijk op mechanische ventilatie

Mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer van verse lucht via ventilatieroosters boven de ramen (systeem C), wordt in nieuwbouwwoningen veelvuldig toegepast. Veel bewoners stellen dat op prijs. Maar kan dat nog in woningen met een EPC onder de 0,4? In een goed geïsoleerd huis staat niet meer onder ieder raam een hete radiator die zorgt dat verse lucht snel opwarmt. Daardoor kan tocht ontstaan. Alleen met goed ontworpen en goed geplaatste roosters is dit te voorkomen. Daarnaast is de geluidsoverlast van mechanische ventilatie een terugkerende klacht van bewoners. Soms zetten bewoners daarom de ventilator uit, met alle gevolgen van dien. Verder blijkt uit recent onderzoek dat de luchtkwaliteit vooral in slaapkamers vaak te wensen overlaat. De traditionele toepassing van mechanische ventilatie zorgt kennelijk niet in alle kamers voor voldoende luchtverversing.

De manier waarop de bouwsector mechanische ventilatie altijd heeft toegepast, volstaat niet meer in de nieuwbouw van vandaag. Het is daarom tijd voor een trendbreuk. Dat zeggen bouwprofessionals, installateurs, adviseurs en consumentenorganisaties. In deze brochure doen zij aanbevelingen voor mechanische ventilatie die het in energiezuinige woningen wèl goed doet.

Een goed ventilatiesysteem vergt aandacht, om tocht en geluidsoverlast te voorkomen. En omdat

mensen een slechte neus hebben voor luchtkwaliteit, moet het systeem robuust zijn. Dat wil zeggen dat de ventilatie grotendeels automatisch wordt geregeld op luchtvochtigheid en CO<sub>2</sub>. Op meerdere punten in huis wordt de lucht afgezogen en ververst. Per zone wordt de luchtstroom geregeld. Bewoners kunnen de regelingen handmatig na regelen, maar het systeem blijft altijd goed werken, ook al wordt het niet optimaal bediend. Alleen systemen die in de vakwereld worden aangeduid met C4b en C4c kunnen aan die eisen voldoen. Dat houdt in: systemen op basis van CO<sub>2</sub>-sturing per kamer of zone. Als zo'n systeem met zorg wordt ontworpen, aangelegd, ingeregeld en goed aan de bewoner wordt uitgelegd, biedt het de bewoners comfort en gezonde lucht tegen minimale energiekosten.

### De beste keuze

- Zonering: meerdere afzuigpunten in huis, afzonderlijk geregeld
- Winddrukgergelde ventilatieroosters
- Regeling van de luchtstroom per kamer op basis van CO<sub>2</sub>
- Ieder afzuigpunt een eigen ventilatiekanaal
- Ruime ventilatiekanalen, ruime bochten
- Een afsluitbare kast om de MV-box
- Warmteterugwinning uit afvoerlucht

*Het Lente-akkoord werkt aan Zeer Energiezuinige Nieuwbouw: van bijna-energie neutraal tot energieleverend, met de bewoner als uitgangspunt. Het Lente-akkoord is een initiatief van Aedes, Bouwend Nederland, NEPROM, NVB en de minister van BZK.*