

6 Ventilatie

Ventileren is het continu vervangen van binnenlucht door 'verse' buitenlucht, eventueel via een andere ruimte. Te onderscheiden zijn:

- Bewust ventileren via de daarvoor bestemde ventilatievoorzieningen zoals gevelopeningen en/of ventilatiesystemen;
- Onbewust ventileren via naden en kieren, ook wel infiltratie (naar binnen toe) en exfiltratie (naar buiten toe) genoemd.

Naast 'ventileren' is 'spuien' van belang: het in beperkte tijd snel 'luchten' van vertrekken via te openen ramen en deuren. Het Bouwbesluit stelt evenals aan voorzieningen voor ventilatie ook eisen aan spuivoorzieningen. Ventilatie en spuiventilatie zijn van belang voor:

- Toevoer van zuurstof;
- Afvoer van 'vervuilde' en vochtige lucht;
- Afvoer van warmte, meestal bij warm (zomer)weer (zie ook bij zomernachtkoeling in paragraaf 6.8).

Ventilatie is van grote invloed op de kwaliteit van de binnenlucht en is daarom van belang voor de gezondheid van de bewoners. Uit (vrij) recent onderzoek [125], [126] en [127] blijkt dat in veel (nieuwbouw)woningen de ventilatie niet voldoet aan de eisen die daaraan gesteld worden. Er wordt vaak (veel) te weinig geventileerd. Een zorgvuldig ontwerp en uitvoering kunnen bijdragen aan een goed ventilatiesysteem en vragen daarom veel aandacht in het ontwerp- en bouwproces. Het te downloaden '[Programma van Eisen voor Woningventilatie](#)' [148] kan daarbij helpen. Het geeft informatie over zowel gebalanceerde ventilatie met WTW, als ventilatie via natuurlijke toevoer met mechanische afvoer.

Ventilatie heeft ook grote invloed op het energieverbruik van een woning: de ventilatieverliezen zijn bijna even groot als de transmissieverliezen! Als er centraal warmteterugwinning (WTW) plaatsvindt uit de afgevoerde ventilatielucht, bedragen de ventilatieverliezen (inclusief infiltratieverliezen) nog altijd globaal de helft van de transmissieverliezen (rekening houdend met het extra elektriciteitsverbruik voor de gebalanceerde ventilatie). Het is dus van belang om een goede balans te vinden tussen enerzijds voldoende ventilatie en anderzijds het beperken van het energieverbruik, o.a. door het gebruik van gelijkstroomventilatoren in het ventilatiesysteem. In dit hoofdstuk worden naast de eisen en wensen voor ventilatie (paragrafen 6.1 en 6.2), de diverse ventilatiesystemen behandeld (paragrafen 6.3 t/m 6.8). Meer informatie is te vinden in het Infoblad 'Ventilatiesystemen in energiezuinige nieuwbouwwoningen' [128], in '[Kleintje Ventilatie](#)' [129], op de [ISSO-kenniskaarten](#) en in de Infobladen van SBRCURnet.

Deelchecklist Energiebewust ontwerpen:

Energiebewust ontwerpen: ventilatie en spuiventilatie

Initiatief / haalbaarheid / projectdefinitie

- Stel de uitgangspunten vast voor ventilatie en spuiventilatie. Let op:
 - Eisen van het Bouwbesluit en aanbevelingen van diverse bronnen, o.a. [128] en [148];
 - Specifieke omstandigheden zoals bijv. een (te) hoge geluidbelasting door verkeer.
- Overweeg zonering van het ventilatiesysteem zodat per zone (bijv. woon- en slaapzone, zie paragraaf 6.9) optimaal aan de ventilatievraag kan worden voldaan;
- Stel eisen aan het ventilatiesysteem met het oog op uitbreidbaar- of aanpasbaarheid van de woning (paragraaf 6.3). Dit speelt bijvoorbeeld wanneer een zolder of garage als woonruimte gebruikt gaat worden. Geef het systeem bijv. extra capaciteit of voorzie die extra ruimte van een geheel eigen ventilatievoorziening.

Structuurontwerp / Voorontwerp

- Maak een keuze tussen de diverse ventilatiesystemen:
 - Natuurlijke toe- en afvoer (paragraaf 6.4);
 - Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer (paragraaf 6.3);

- Natuurlijke toevoer, mechanisch afvoer (paragraaf 6.5);
- Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (WTW) (paragraaf 6.6);
- Decentrale gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (WTW) (paragraaf 6.6);
- Hybride systeem: een combinatie van natuurlijke en mechanische ventilatie (paragraaf 6.7).
- Leg bij de keuze van een systeem een relatie met:
 - De installatie voor verwarming en eventuele koeling (hoofdstuk 7 en 8);
 - De eisen voor de luchtdichtheid van de woning (paragraaf 5.1);
 - De geluidbelasting door verkeer of andere geluidbronnen op de gevels; overweeg of een serre (paragraaf 4.2.3), een extra glasgevel (paragraaf 4.2.3), gebalanceerde ventilatie (paragraaf 6.6) of suskasten (paragraaf 6.4) zinvolle oplossingen zijn;
 - Laagbouw of gestapelde bouw;
 - Uitbreidbaar- of aanpasbaarheid van de woning (paragraaf 6.3);
 - Het voorverwarmen van de ventilatielucht op 'passieve' wijze in bijvoorbeeld een serre, extra glasgevel of atrium, of op 'actieve' wijze via een luchtcollector.
- Maak de luchtweerstand in het ventilatiesysteem zo klein mogelijk: beperk o.a. de lengtes van de luchtkanalen en het aantal bochten. Kies grote kanaaldiameters.
- Plaats een ventilatie-(WTW-)unit niet dichtbij slaapkamers om de kans op geluidhinder te minimaliseren; plaats de unit bij voorkeur in een afgesloten ruimte. Plaats de unit bovendien aan een muur of plafond/vloer met een massa $\geq 200 \text{ kg/m}^2$ of op een speciaal frame. Bevestiging aan bijv. een standaard binnenwand van gipsblokken (70 mm dik) voldoet dus niet.
- Maak zomernachtkoeling (paragraaf 6.8) mogelijk: maak voldoende openingen in gevels en dak of pas koeling via grondbuizen toe. Ook vrije koeling via warmte-/koudeopslag (paragraaf 8.3.4) is te overwegen.

Definitief Ontwerp / Technisch ontwerp

- Kies voor een energie-efficiënte installatie:
 - Neem gelijkstroom- in plaats van wisselstroomventilatoren;
 - Maak de luchtweerstand in het ventilatiesysteem zo klein mogelijk: beperk de lengtes van de luchtkanalen, neem grote diameters voor de luchtkanalen en ontwerp zo min mogelijk haakse bochten.
- Kies voor een geluidarm systeem (paragraaf 6.2.3); vooral bij gebalanceerde ventilatie zijn regelmatig klachten over een te hoge geluidproductie; dit is te voorkomen door een zorgvuldig ontwerp en uitvoering van het systeem (paragraaf 6.6). Breng voldoende geluiddempende voorzieningen aan en reserveer daarvoor ruimte;
- Comfort: beperk de kans op tocht bij natuurlijke toevoer via gevelroosters door bijvoorbeeld zelfregelende roosters te gebruiken;
- Let bij gebalanceerde ventilatie met (centrale) WTW speciaal op:
 - Situeer de aanvoerroosters voor buitenlucht op de juiste plek: bij platte daken niet vlak daarboven en ook niet aan de zonzijde, dit in verband met onnodige opwarming van de ventilatielucht in de zomer;
 - Pas in de WTW-unit altijd een bypass (paragraaf 6.6) toe om de aanvoer van lucht met een te hoge temperatuur (in de zomer) te voorkomen;
 - Bij de WTW-unit is het standaard filter te vervangen door een fijnstoffilter of pollenfilter (een M6- of F7-filter) (paragraaf 6.1.2). Zorg er voor dat de capaciteit van de ventilatoren voldoende is om de extra luchtweerstand te overbruggen. Let ook op mogelijke toename van het geluid van de ventilator en tref zonodig voorzieningen;
 - Sluit de condensatafvoer van de WTW aan op de riolering;
 - Voorzie een wasemkap met motor altijd van een eigen afvoerkanaal naar buiten (paragraaf 6.3). De wasemkap mag nooit aangesloten worden op een mechanisch afzuigsysteem tenzij de fabrikant van de ventilatie-unit dit wel toestaat;
 - Overweeg het toepassen van vraaggestuurde regelingen (paragraaf 6.9) voor het gekozen ventilatiesystemen;
 - Vergeet de overstroomvoorzieningen niet die bij centrale afzuiging via bijv. hal of

trappenhuis nodig zijn: spleten onder deuren en/of roosters in binnendeuren of binnenwanden (paragraaf 6.2.2).

- Pas een goede kier- en naaddichting toe en stem de luchtdichtheid af op het toe te passen ventilatiesysteem. Met name gebalanceerde ventilatie vraagt een zeer goede luchtdichtheid (paragraaf 5.1 en 6.6);
- Reserveer bij zomernachtkoeling voldoende ruimte in gevel en dak voor de benodigde voorzieningen (paragraaf 6.8). Maak ze regenwaterdicht en breng goede anti-inbraakvoorzieningen aan;
- Bij koeling via grondbuizen (paragraaf 6.8): Voorzie ze van een condensaatvoer en kies een goede plek voor de luchttoevoeropening buiten. Maak het systeem zó dat het schoon te maken is en maak de luchtweerstand zo klein mogelijk;
- Ontwerp luchtkanalen zodanig dat ze reinigbaar en toegankelijk zijn. Breng bijvoorbeeld inspectieluiken en eenvoudig te verwijderen hulpstukken in het systeem aan;
- Openhaarden, houtkachels en open inzethaarden op gas zijn niet te combineren met een mechanisch afzuigsysteem tenzij een luchtkanaal voor de aanvoer van buitenlucht naar de haard of kachel wordt aangelegd (paragraaf 6.2.2).

Uitvoering

- Zorg voor een zorgvuldige inregeling van het ventilatiesysteem;
- Controleer de installaties (luchthoeveelheden, instelling roosters, type roosters, geluidproductie). Neem deze controle (VPK- Ventilatie-Prestatiekeuring bij oplevering) als verplichting in het technisch ontwerp (het bestek) op. Toetsen kan volgens BRL 8010: beoordeling van ventilatievoorzieningen in woningen, scholen en kinderdagverblijven (ISSO, 2012);
- Controleer of de nodige overstroomvoorzieningen (spleten/roosters) bij binnendeuren en binnenwanden aanwezig zijn;
- Controleer of de spuivoorzieningen volgens plan aanwezig zijn;
- Controleer bij toevoerroosters, dakdoorvoeren e.d. of deze goed luchtdicht zijn afgewerkt met de aansluitende bouwkundige constructies;
- Controleer of bij een WTW-unit in een gebalanceerd ventilatiesysteem de kanalen tussen de unit en 'buiten' voorzien zijn van dampdichte isolatie of gemaakt zijn van speciaal materiaal voor dit doel, dit om condens op de kanalen te voorkomen (paragraaf 6.6);
- Controleer de luchtdichtheid van de woning via een opblaasproef (paragraaf 5.1), met name bij centrale gebalanceerde ventilatie.

Gebruik / Exploitatie

- Zorg voor een goed periodiek onderhoud van ventilatiesystemen, mede in verband met gezondheidsaspecten. Naast schoonmaken (filters, roosters, luchtkanalen e.d.) is ook controle op het functioneren van groot belang. Controleer de volumestromen aan de hand van de oorspronkelijke eisen. Informeer bewoners over het benodigde onderhoud;
- Zorg voor een duidelijke voorlichting naar bewoners, zowel mondeling als schriftelijk. Techniek Nederland en ISSO hebben een digitale gebruikshandleiding ontwikkeld. Bewoners kunnen voor een standaard handleiding terecht op www.mijnhuisinstallatie.nl.

In paragraaf 3.3 staat de checklist op hoofdlijnen.

6.1 Binnenluchtkwaliteit

De kwaliteit van de binnenlucht in woningen wordt bepaald door:

- 'Luchtverontreinigende' bronnen in de woning (paragraaf 6.1.1);
- De kwaliteit van de toegevoerde buitenlucht (paragraaf 6.1.2);
- De capaciteit, effectiviteit en bruikbaarheid van de ventilatievoorzieningen (paragraaf 6.2).

Uiteraard is ook het ventilatiegedrag van de bewoner(s) van invloed op de binnenluchtkwaliteit. In het ontwerp kan dit alleen positief beïnvloed worden door te voorzien in voldoende goede ventilatievoorzieningen die inzichtelijk, eenvoudig te bedienen en eenvoudig schoon te maken zijn. Een duidelijke handleiding voor bewoners [130] is noodzakelijk.

6.1.1 'Luchtverontreinigende' bronnen

In een woning zijn verschillende 'luchtverontreinigende' bronnen aanwezig die invloed op de binnenluchtkwaliteit en daarmee op de gezondheid hebben:

- Gebruik van de ruimten (CO₂ en bio-effluënten van de mens zelf, tabaksrook, stof, allergenen van dieren en planten, vocht van douchen, koken etc.);
- Materialen (bouwkundige constructies, meubels, vloerbedekking, gordijnen) in de vertrekken (emissies zoals radon, formaldehydegas, stof en vezels);
- De bodem, via de kruipruimte (radon, vocht);
- Open haard (verbrandingsgassen en roetdeeltjes).

In het [cahier T1 'Luchtkwaliteit woningbouw' van het 'Praktijkboek gezonde gebouwen'](#) [136] worden de belangrijkste mogelijk aanwezige verontreinigende stoffen en hun effecten in een woning beschreven. Daarbij worden normen en aanbevelingen gegeven en maatregelen voorgesteld voor beperking van de bronnen.

6.1.2 Kwaliteit toegevoerde buitenlucht

De kwaliteit van de aangezogen buitenlucht voor ventilatie wordt bepaald door:

- De algemene luchtkwaliteit buiten: zie voor meer informatie ['Dossier Luchtkwaliteit'](#) [137];
- De locatie van de aanvoervoorzieningen van het ventilatiesysteem (ramen, deuren, ventilatieroosters, aanzuigrooster) ten opzichte van:
 - Verkeer (gassen, fijnstof);
 - Groen (stuifmeel, pollen);
 - Andere installaties (afvoerroosters van ventilatiesystemen, verbrandingstoestellen e.d.), zie NEN 1087 [133];
 - Platte daken met donkere dakbedekking (warmte 's zomers);
 - De zon (warmte 's zomers);
 - Belemmeringen (beperking luchtstroming).

Voor aanvullende normen en aanbevelingen: zie [cahier T1 'Luchtkwaliteit woningbouw'](#) van het 'Praktijkboek gezonde gebouwen' [136]. Zie Bijlage 1.1 voor informatie over luchtkwaliteit en CO₂-gehalte.

Luchtfilters

De kwaliteit van de toe te voeren ventilatielucht is te verbeteren door het toepassen van (fijn)filters. Deze worden toegepast in de WTW-units bij gebalanceerde ventilatie, zowel bij centrale (paragraaf 6.6) als bij decentrale (paragraaf 6.6) systemen.

Standaard zijn WTW-units voorzien van groffilters (bijv. ISO coarse 50%) voor een normale filtering. Deze filters dienen vooral ter bescherming van de WTW-unit. Bij sommige WTW-units is het toevoerfilter te vervangen door een 'pollen- of fijnstoffilter' (bijv. klasse M6 of F7). Deze filters dienen ook ter verbetering van de luchtkwaliteit door pollen van vegetatie en fijnstof van o.a. verkeer, industrie en landbouw voor een deel tegen te houden. Bij de WTW-units waar geen M6/F7-filter mogelijk is, kan een 'losse' filterbox voor een dergelijke filter worden aangebracht in het toevoerkanaal na de WTW-unit, mits de weerstand niet te groot wordt voor de betreffende WTW-unit.

Een pollen- of fijnstoffilter is aan te raden wanneer bewoners problemen hebben met de luchtwegen of wanneer er vaak veel fijnstof op de locatie aanwezig is zoals in stadscentra, drukke verkeerswegen of megastallen; zie o.a. [ISSO-publicatie 27](#) [138], www.clo.nl en www.wikipedia.org.

Een nadeel van de M6- en F7-filters is dat ze een grotere luchtweerstand hebben dan de standaard filters. De capaciteit van de ventilator moet dus hierop afgestemd zijn. Houd hiermee rekening bij de keuze van de ventilatie-unit en bij de inregeling van de installatie. Kies filters met een relatief lage weerstand.

Het is erg belangrijk dat de filters regelmatig gecontroleerd en zonodig schoongemaakt of vervangen worden. Bewoners moeten hierover duidelijke instructies krijgen; zie o.a. de informatie van de fabrikant van de WTW-unit en/of van de filters. Diverse WTW-units geven zelf op een display, en soms ook op de standenschakelaar (afbeelding 6.1), aan wanneer de filters vervuild zijn. Een indicatie voor de vervanging: een ISO coarse 50%- en ISO coarse 65%-filter zal onder normale omstandigheden minimaal 1 à 2 keer per jaar vervangen moeten worden, zowel voor de toevoer- als voor de afvoerlucht. Een beter filter (zie tabel 1) minimaal 1x per jaar, maar in een stedelijke omgeving 1 à 2 keer per jaar. Zie ook de [ISSO-Kenniskaart 92 'Luchtfilters in woningbouw onderhouden'](#) [149]. Filters in WTW-unit vervangen zie: [ISSO-Kenniskaart 35](#) [153].

Soms worden (elektro)statisch geladen filters toegepast. Deze hebben minder luchtweerstand dan de niet-geladen filters en hebben een vergelijkbare vervangingstermijn. Na verloop van tijd gaat de werking echter achteruit door ontlading. Permanent geladen filters (aangesloten op het elektriciteitsnet) voor WTW-units in de woningbouw worden in ons land voor zover bekend niet toegepast. Wel zijn er luchtverwarmers (voor een luchtverwarmingssysteem, zie paragraaf 7.2.4) op de markt waarbij een dergelijk filter als optie kan worden toegepast. Informeer altijd naar het elektriciteitsverbruik van zo'n filter.

Opmerking

Sinds juli 2018 wordt de luchtfilterclassificatie niet meer weergegeven met de classificatie volgens NEN-EN 779. Deze norm is vervangen door de NEN-EN-ISO 16890, die een andere classificatie hanteert. Een directe conversie van luchtfilterklassen conform NEN-EN779 naar NEN-EN-ISO16890 is niet mogelijk. Tabel 6.1 is ontwikkeld door Eurovent om een indicatieve vergelijking te geven ten behoeve van het vervangen van luchtfilters. Indien er luchtfilters vervangen worden die nog aan de classificatie voldoen volgens de vervallen NEN-EN779:2012, dan dienen deze minimaal te voldoen aan de volgende classificatie volgens de NEN-EN-ISO 16890. Voor de oude groffilters kan als nieuwe classificatie aangehouden worden: ISO coarse 50% voor de G3-filters en ISO coarse 65% voor de G4 luchtfilters.

Tabel 6.1 Vergelijkingstabel luchtfilterklassen NEN-EN779:2012 en NEN-EN-ISO 16890

Oude luchtfilterklasse conform NEN-EN779	Klasse volgens NEN-EN-ISO 16890		
	ePM ₁	ePM _{2,5}	ePM ₁₀
M5	5% - 35%	10% - 45%	40% - 70%
M6	10% - 40%	20% - 50%	60% - 80%
F7	40% - 65%	65% - 75%	80% - 90%
F8	65% - 90%	75% - 95%	90% - 100%
F9	80% - 90%	85% - 95%	90% - 100%



Afb. 6.1 Driestandenschakelaar van een gebalanceerd ventilatiesysteem met links een filterindicatielampje. Dit rode ledlampje gaat branden, wanneer de filters zijn vervuild. Het is een eenvoudige voorziening die er voor zorgt dat bewoners goed geïnformeerd worden en daardoor tijdig de filters zullen schoonmaken of vervangen. (Bron: Brink Climate Systems)

Verdunningsfactor

Bij ventilatie moet ervoor gezorgd worden dat de toevoerlucht niet verontreinigd wordt door de lucht afkomstig van een rookgas- of ventilatieafvoer (dus ook van de afzuigkap) en de afvoer van de ontspanningsleiding van de riolering. Deze afvoeren kunnen van dezelfde woning zijn, maar ook van nabij gelegen andere woningen. Er moet een minimale afstand tussen de aan- en afvoeren zitten. Die afstand kan men uitrekenen aan de hand van de zogenoemde 'verdunningsfactor'. In NEN 1087 [133] zijn de eisen voor deze factor en de berekeningswijze hiervoor, opgenomen.

In 'Kleintje ventilatie' [129] zijn in tabelvorm de minimale afstanden tussen aan- en afvoeropeningen aangegeven voor enkele veelvoorkomende situaties en gewenste hoeveelheden ventilatielucht. Zie ook [ISSO-Kenniskaart 23 'Verdunningsfactor bepalen'](#) [150].

Tip: Situeer de aanvoer voor buitenlucht bij gebalanceerde ventilatiesystemen aan de zijde van de woning met de beste luchtkwaliteit en bij voorkeur niet aan de zonzijde van de woning en niet vlak boven platte daken met donkere dakbedekking; dit om extra opwarming van de ventilatielucht in de zomer te voorkomen.

6.2 Benodigde ventilatie

Kwaliteit

De uiteindelijke kwaliteit van de binnenlucht en de mate van energiezuinigheid door een ventilatiesysteem wordt bepaald door de:

- Capaciteit: basisventilatie, spuiventilatie en zomernachtventilatie;
- Effectiviteit: vraaggestuurde ventilatie en de verdeling van de toegevoerde lucht over de ruimte;
- Bruikbaarheid: géén discomfort (tocht en geluidoverlast) en voldoende gebruiksgemak (voldoende begrijpbaar, bedienbaar, te onderhouden en te reinigen).

Basiseisen en aanbevelingen voor bovenstaande punten zijn te vinden in o.a.:

- Het Bouwbesluit, zie verder 'Capaciteit' (paragraaf 6.2.1);
- NEN 1087 [133];
- In de NTA 8800 (hoofdstuk 11) staat de rekenmethode beschreven waarmee de lucht volumestromen berekend worden die in rekening gebracht worden bij het berekenen van de energieprestatie van een woning;
- [ISSO-publicaties 61](#) [139], [62](#) [140], [63](#) [141], [91](#) [142] en [92](#) [143].

Het is sterk aan te raden bij oplevering het totale ventilatiesysteem goed te controleren op bovenstaande kwaliteitsaspecten, bijvoorbeeld via een Ventilatie-Prestatiekeuring (VPK) volgens de [BRL 8010](#) [151].

Calamiteit

Bij een calamiteit zoals een grote brand of ontsnapping van giftige stoffen moeten ramen en deuren gesloten worden. Ook de toevoer van ventilatielucht zal dan gestopt moeten worden [139] (zie [ISSO-publicatie 61 par. 4.13](#)). Sluit bijv. bij een individueel ventilatiesysteem de elektrische voeding van de ventilatie-unit op een aparte gemarkeerde elektragroep aan; bewoners kunnen de ventilatie zelf uitschakelen. Bij collectieve systemen zal een beheerder het systeem moeten kunnen stopzetten. Bij voorkeur wordt het ventilatiesysteem door een schakelsignaal op het lichtnet op afstand uitgeschakeld.

6.2.1 Capaciteit

Er worden eisen gesteld aan de capaciteit voor:

- Basisventilatie: de minimaal benodigde hoeveelheid ventilatie waarmee het ontstaan van een voor de gezondheid nadelige kwaliteit van de binnenlucht voldoende wordt beperkt (zie bijlage 1.1 voor kwaliteit binnenlucht);
- Spuiventilatie: ventilatie voor het snel kunnen afvoeren van veel en sterk verontreinigde binnenlucht en het afvoeren van vochtige of warme lucht op piekmomenten van vochtproductie, warmteproductie of -accumulatie.

Eisen aan de capaciteit

In het Bouwbesluit (2012) staan in de volgende afdelingen eisen aan o.a. de capaciteit van de ventilatie:

- Afdeling 3.6: Luchtverversing;
- Afdeling 3.7: Spuiventilatie.

In het Bouwbesluit is aangegeven welke ruimten voorzien moeten zijn van een voorziening voor luchtverversing. Onderscheiden naar gebruiksfunctie en ruimte zijn voorschriften gegeven voor de minimumcapaciteit in dm^3/s per m^2 vloeroppervlakte (zie afbeelding. 6.2) en voor de inrichting van die voorziening. Algemeen uitgangspunt voor ventilatie is de aanbeveling uit 1984 van de Gezondheidsraad: minimaal $25 \text{ m}^3/\text{h}$ ($= 7 \text{ dm}^3/\text{s}$) per persoon (zie toelichting bij art. 3.29 Bouwbesluit).

Let op dat ook een meterkast geventileerd moet worden als daarin een gasmeter is aangebracht of een 'stadsverwarmingsunit' (ventilatie is nodig om ongewenste opwarming van leidingwater te voorkomen i.v.m. legionella-preventie); dit kan bijvoorbeeld door een spleet aan de onder- en bovenzijde van de meterkastdeur aan te brengen.

Aanbevolen wordt om ook de volgende extra kwaliteitseisen te hanteren [148]:

- Opstelruimte voor wasmachine en/of wasdroger:
 - Ruimte $< 2,5 \text{ m}^2$: $7 \text{ dm}^3/\text{s}$;
 - Ruimte $\geq 2,5 \text{ m}^2$: $14 \text{ dm}^3/\text{s}$;
- Bergruimte zoals ruime bergkast of zolder: minimaal $7 \text{ dm}^3/\text{s}$. Indien deze ruimte na verloop van tijd dienst kan gaan doen als bijvoorbeeld werk- of slaapkamer, voorzie dan in ventilatievoorzieningen alsof de ruimte een verblijfsruimte is.

De luchtuitwisseling die tot stand komt via kieren en naden (infiltratie), wordt *niet* als luchtverversing aangemerkt. Zie voor de eisen t.a.v. de luchtdichtheid van de bouwschil paragraaf 5.1. en bijlage 1.3. Let er op dat bij gebalanceerde ventilatie een goede luchtdichtheid (klasse 2) wordt gehaald. Dit om te grote infiltratieverliezen te voorkomen.

Enkele aandachtspunten:

- Volgens de '50%-regel' mag 50% van de toevoerlucht in een verblijfsgebied uit een ander verblijfsgebied afkomstig zijn, de andere 50% moet verse buitenlucht zijn;
- De afvoerlucht uit een wc en badruimte moet 'rechtstreeks' (of via een ventilatiesysteem) naar buiten worden afgevoerd. Bij een (open) keuken moet tenminste $21 \text{ dm}^3/\text{s}$ rechtstreeks naar buiten worden afgevoerd, de overige lucht mag elders binnenshuis worden gebruikt;
- Een mechanische afzuigkap (wasemkap met motor) in de keuken mag niet worden meegerekend in de op te stellen ventilatiebalans. In de praktijk moet bij plaatsing van zo'n kap wel een extra (tijdelijke) luchttoevoer mogelijk zijn. Geef dit ook aan in de bewonersinstructie;
- Bij een motorloze afzuigkap mag geen afsluitklep aanwezig zijn. Dit om een (continue) ventilatie te waarborgen. Pas echter bij voorkeur een mechanische afzuigkap toe en geen motorloze kap omdat zo'n kap weinig effect heeft;
- Naast ventilatievoorzieningen moeten ook spuivoorzieningen aangebracht zijn (zie hierna).

Afb. 6.2 Eisen uit het Bouwbesluit voor de capaciteiten voor de toe- en afvoer van ventilatielucht. Voor extra kwaliteitseisen, zie tekst.

Ruimte	Minimale capaciteit
Verblijfsruimte	$0,7 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlakte met als minimum $7 \text{ dm}^3/\text{s}$
Verblijfsgebied	$0,9 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlakte met als minimum $7 \text{ dm}^3/\text{s}$
Verblijfsgebied met kooktoestel $< 15\text{kW}$	$0,9 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlakte met als minimum $21 \text{ dm}^3/\text{s}$ (dit minimum van $21 \text{ dm}^3/\text{s}$ moet direct naar buiten worden afgevoerd)
Toiletruimte	$7 \text{ dm}^3/\text{s}$ (lucht moet direct naar buiten worden afgevoerd)
Badruimte (al dan niet samengevoegd met een toilet)	$14 \text{ dm}^3/\text{s}$ (lucht moet direct naar buiten worden afgevoerd)
Opstelruimte voor wasmachine en/of droger (aanbeveling)	Vloer $< 2,5 \text{ m}^2$: $7 \text{ dm}^3/\text{s}$; vloer $\geq 2,5 \text{ m}^2$: $14 \text{ dm}^3/\text{s}$ (lucht moet direct naar buiten worden afgevoerd)
Bergruimte (aanbeveling)	Minimaal $7,0 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlakte (afvoer rechtstreeks naar buiten)

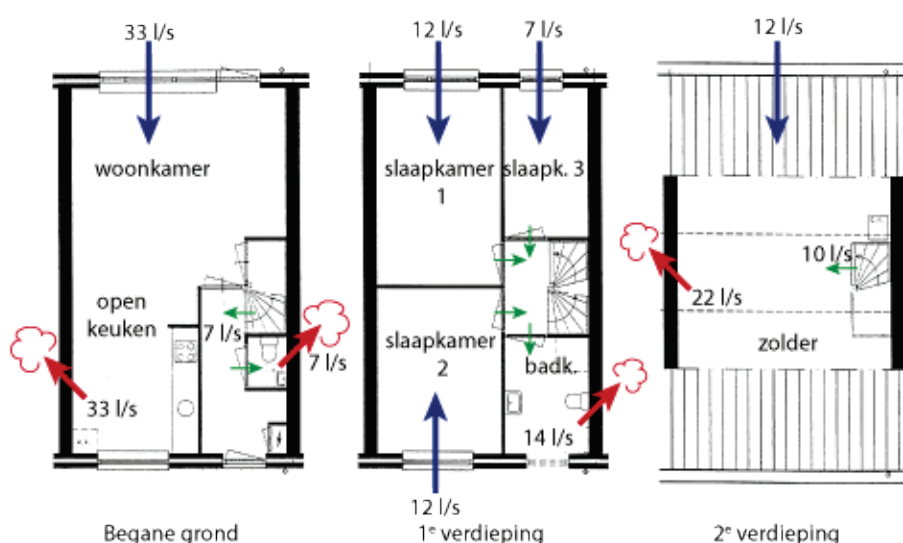
Gemeenschappelijke ruimte	0,5 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte (aan- en afvoer rechtstreeks van buiten, ventilatie niet afsluitbaar)
Liftschacht	3,2 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte (aan- en afvoer rechtstreeks van/naar buiten, niet afsluitbaar)
Opslagruimte huishoudelijk afval > 1,5 m ²	10 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte (aan- en afvoer rechtstreeks van/naar buiten, niet afsluitbaar)
Opstelplaats voor gasmeter (meterkast!)	1,0 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte, met een minimum van 2,0 dm ³ /s (ventilatie niet afsluitbaar)
Spuivoorziening in een verblijfsgebied	Totale capaciteit voor de toevoer van buitenluchten en de afvoer van binnenlucht van 6 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte
Spuivoorziening in een verblijfsruimte	Totale capaciteit voor de toevoer van buitenluchten en de afvoer van binnenlucht van 3 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte

Aanbevelingen capaciteit

Het is aan te bevelen om de capaciteit van het ventilatiesysteem ruimer te maken dan de minimale eisen uit het Bouwbesluit. Dit met het oog op de gezondheid en het (zomer)comfort van bewoners. Ontwerp het systeem bijvoorbeeld zo, dat bij ventilatiestand 2 (bij een driestandschakelaar) de minimale ventilatie-eisen al worden gehaald.

In verband met gezondheidsaspecten en het beperken van het energieverbruik is het aan te raden extra aandacht te besteden aan bronbeperking (paragraaf 6.1.1) en aan de effectiviteit en bruikbaarheid van een ventilatiesysteem (paragraaf 6.2.2). Enkele aandachtspunten:

- Stel een ventilatiebalans op voor de gehele woning: Maak een berekening voor alle toe- en afvoerluchtstromen voor elk verblijfsgebied, wc en badkamer. Ook de interne ventilatiestromen tussen de diverse ruimten moeten hierbij betrokken worden. Om deze luchtstromen mogelijk te maken, zijn de z.g. 'overstroomvoorzieningen' nodig: spleten onder deuren en/of roosters in binnendeuren of binnenwanden (zie paragraaf 6.2.2). De woning in zijn totaliteit moet natuurlijk ook in balans zijn. In afbeelding 6.3 is een voorbeeld van een ventilatiebalans weergegeven. In [Kleintje Ventilatie](#) [129] en [ISSO-publicatie 92](#) [143] is het begrip ventilatiebalans verder uitgewerkt;
- Binnen een verblijfsgebied is het toegestaan om 50% van de toe te voeren lucht voor een verblijfsruimte afkomstig te laten zijn uit een andere verblijfsruimte binnen datzelfde verblijfsgebied;
- Voor de zomersituatie met warm weer is het sterk aan te bevelen zomernachtventilatievoorzieningen aan te brengen, zie paragraaf 6.8.



Afb. 6.3 Voorbeeld van de ventilatiestromen in de referentietussenwoning (van RVO) die (in dit voorbeeld) voorzien is van ventilatiesysteem C: natuurlijke toevoer van buitenlucht via ventilatieroosters in de gevels (blauwe pijlen) en mechanische afvoer (rode pijlen) via een centrale ventilatie-unit

Spuivoorzieningen

Spuivoorzieningen dienen voor het snel kunnen afvoeren van veel en sterk verontreinigde binnenlucht of van vochtige of warme lucht op piekmomenten. Te openen ramen, luiken, daklichten en deuren (let op eisen Bouwbesluit, zie 4^e bullet hierna) kunnen dienst doen als spuivoorziening. Het Bouwbesluit stelt (omgerekend) de volgende eisen:

- Bij spuien via één gevel: 0,060 m² beweegbare delen per m² vloeroppervlakte;
- Bij spuien via twee gevels, of gevel en dak: 0,015 m² beweegbare delen per m² vloeroppervlakte;
- De te openen oppervlakte geldt voor volledig te openen voorzieningen (het gaat om de netto doorlaat);
- Per verblijfsruimte moet tenminste één van de te openen voorzieningen een raam of schuifpui zijn (dus alleen een deur mag niet).

Zie artikel 3.42 en 3.43 Bouwbesluit voor o.a. nadere eisen over de spuivoorzieningen m.b.t. ligging ten opzichte van perceelgrens.

Let op: Ook bij gebalanceerde ventilatie met WTW moeten woningen voorzien zijn van spuivoorzieningen.

Aanbeveling:

- Geef spuivoorzieningen een uitzetmechanisme dat op meerdere standen fixeerbaar is, inclusief een kierstand [148]. Maak de kierstand inbraakveilig;
- Maak de spuivoorzieningen veel ruimer dan het Bouwbesluit eist. Dit is een wens van bewoners [129]. Bovendien hebben zij een voorkeur voor meerdere te openen voorzieningen. Zie paragraaf 6.8 voor zomernachtventilatie, daar staat concrete informatie over afmetingen voor voorzieningen.

6.2.2 Effectiviteit en efficiency ventilatiesystemen

Voor een effectief en efficiënt ventilatiesysteem zijn vooral de volgende punten van belang:

- De afstemming van de ventilatiehoeveelheden op de ventilatiebehoefte per ruimte en per moment. Voorkom dat er onnodig geventileerd wordt. Zorg voor een goede regeling zoals bij vraaggestuurde ventilatie (paragraaf 6.9) het geval is;
- Een minimale luchtweerstand in luchtkanalen (zie hierna);
- Met zorg gekozen toe- en afvoervoorzieningen (paragraaf 6.5 en 6.6);
- De verdeling van de toegevoerde lucht over de ruimte: het ventilatiepatroon (zie hierna);
- Goede overstroomvoorzieningen. Om de gewenste luchtstromen binnenshuis mogelijk te maken, zijn de z.g. 'overstroomvoorzieningen' nodig: spleten onder deuren en/of roosters in binnendeuren of binnenwanden. Een netto spleethoogte van 20 mm onder tussendeuren is in de praktijk meestal voldoende (zie voor meer info [129]). Houd rekening met een vloerafwerking of drempel van circa 15 mm, dus met een totale (bruto) spleethoogte van circa 35 mm. Wanneer een grotere oppervlakte van de spleet nodig is, bieden roosters in deuren of binnenmuren uitkomst. Dit om bijv. overspraak te voorkomen;
- Het type ventilatoren: gebruik gelijkstroomventilatoren; deze zijn veel energiezuiniger dan wisselstroomventilatoren;
- Openhaarden, houtkachels en open inzethaarden op gas zijn niet te combineren met een mechanisch afzuigsysteem tenzij een luchtkanaal (via de kruipruimte) voor de aanvoer van buitenlucht naar de haard of kachel wordt aangelegd. Het luchtkanaal moet van gevel tot gevel lopen. Dit omdat bij een kanaal met slechts aan één gevel een aanvoer-opening, kans is op onderdruk bij die opening. Er wordt dan geen buitenlucht naar de haard of kachel aangezogen.

Algemene aanbevelingen:

- Breng een dampscherm (of dampdrempel) aan van ca. 0,30 m tegen het plafond tussen een open keuken en de woonkamer. Dit ter vermindering van spreiding van kookluchtjes;
- Overweeg om draaikiep ramen toe te passen: Uit onderzoek [131] blijkt dat bewoners over het algemeen de kiepstand van draaikiep ramen erg positief beoordelen: het regent niet in en het is

redelijk veilig tegen inbraak. Dit in tegenstelling tot naar binnen of naar buiten draaiende ramen. Door dit positieve oordeel worden deze ventilatievoorzieningen meer gebruikt waardoor er beter wordt geventileerd;

- Overweeg om te openen 'bovenlichten' (klepraampjes) te maken: Ook hierover zijn bewoners zeer te spreken vanwege dezelfde voordelen als bij draaikiepramen. Breng eventueel (afhankelijk van grootte en situering van het klepraam) ook anti-inbraakvoorzieningen aan;
- Maak te openen ramen en deuren zó dat ze vast gezet kunnen worden.

Aandachtspunten luchtkanalenstelsel

Hoe minder weerstand, hoe lager het energieverbruik van de ventilatoren én hoe lager de geluidproductie. Kies daarom voor een eenvoudige loop van de kanalen. Geluidhinder is een belangrijke reden waarom bewoners de ventilatie in een te lage stand zetten waardoor er te weinig geventileerd wordt [126]. Let op de volgende punten:

- Maak een berekening van de luchtweerstand van het ventilatiesysteem en kies daarna een bijpassende ventilator met voldoende capaciteit. Maak ook een geluidberekening; het maximum ('karakteristieke') geluidniveau in een 'verblijfsgebied' is volgens het Bouwbesluit (artikel 3.9) 30 dB. Aanbeveling voor slaapkamers: maximaal 25 dB;
- Pas een kort kanaalstelsel toe;
- Beperk zoveel mogelijk bochten. Vermijd bochten van 90°, gebruik bij voorkeur bochten $\leq 45^\circ$. Let daarom ook op voldoende ruimte voor de aansluitingen van de kanalen op ventilatie-units. Gebruik harde bochtstukken met een gladde binnenkant;
- Zorg voor voldoende diameter van de kanalen i.v.m. de gewenste lage lichtsnelheden voor [124]:
 - De hoofdkanalen: $< 4 \text{ m/s}$;
 - De aftakkingen voor toevoerlucht: $< 3 \text{ m/s}$;
 - De aftakkingen voor afvoerlucht: $< 3,5 \text{ m/s}$;
 - Collectieve kanalen: 5 m/s .
- Kies bij 'ingestorte' kanalen voor ronde of ovale (kunststof) kanalen:
 - Relatief lage luchtweerstand door gunstige vorm;
 - Relatief vormvast waardoor minder kans op schade tijdens de bouw.
- Vermijd het gebruik van 'traditionele' flexibele kanalen (met geribbelde binnenzijde) vanwege de relatief hoge weerstand; een lengte van maximaal 1 m is nog acceptabel. Er zijn ook kunststof kanalen verkrijgbaar die aan de binnenzijde glad afgewerkt zijn; deze kanalen hebben een lage luchtweerstand en zijn bedoeld om een totaal systeem mee aan te leggen. Doordat ze alleen in kleinere diameters verkrijgbaar en bovendien vrij stug zijn, kunnen ze de 'traditionele' flexibele kanalen niet vervangen;
- Bij appartementen met collectieve aan- en/of afvoerkanalen:
 - Monteer bij individuele ventilatie-units terugslagkleppen tussen de units en de collectieve kanalen;
 - Breng brandkleppen aan bij doorvoering van brandcompartimenten.
- Maak luchtkanalen zodanig dat deze schoongemaakt kunnen worden. Zie [ISSO-Kenniskaart 33 'Kanalen reinigen'](#) [152]. Breng bijvoorbeeld inspectieluiken en eenvoudig te verwijderen hulpstukken in het systeem aan. Dop kanalen af bij transport en opslag om vervuiling te voorkomen;
- Het kanalenstelsel kan bestaan uit:
 - Een hoofdkanaal met aftakkingen naar iedere ruimte;
 - Een radiaalstelsel: vanuit een centraal punt lopen kanalen naar iedere ruimte.

Bij dit laatste stelsel kunnen op dat centrale punt z.g. luchtverdeelkasten (afbeelding 6.4) worden gebruikt;

- Bij WTW-units: Voorzie het toe- en afvoerkanaal tussen de unit en de buitenlucht van dampdicht isolatiemateriaal om condensatie te voorkomen. Gebruik als isolatie dampdicht kunststofschuim en geen dampdicht afgewerkte minerale wol i.v.m. kans op beschadiging. Ook zijn specifiek voor dit doel geschikte isolerende kunststof buizen verkrijgbaar;

- Controleer visueel de (instort)kanalen vlak voordat ze daadwerkelijk in de vloer ingestort gaan worden op beschadigingen en de juiste afwerking.



Afb. 6.4 Twee luchtverdeelkasten bij een gebalanceerd ventilatiesysteem, de ene voor de toevoerlucht (met de blauwe kanalen), de andere voor de afvoerlucht (met de rode kanalen). In de verdeelkast worden de luchthoeveelheden ingeregeld. Dit heeft als voordeel dat men niet-regelbare ventielen voor toe- en afvoer gebruikt die dus niet ontregeld kunnen worden bij bijv. het schoonmaken door bewoners. In de verdeelkasten, die deels in de (beton)vloer aangebracht zijn, kunnen geluiddempers worden ingebouwd. De verdeelkasten moeten bereikbaar blijven voor inspectie en onderhoud. (Bron: Burgerhout BV)

Verdeling toegevoerde lucht over de ruimte (ventilatiepatroon)

De 'verse' lucht moet op de plek terecht komen waar deze lucht nodig is: het gebied waar bewoners gebruik van maken (de leefzone). Van belang zijn:

- De plaats van de toevoer;
- De plaats van de afvoer;
- De vorm van de ruimte die geventileerd wordt.

Belangrijke aandachtspunten:

- Voorkom 'kortsluiting' zodat de toegevoerde 'verse' lucht niet vrijwel direct weer wordt afgevoerd. Dit is te voorkomen door een goede plaatsing van de luchttoevoer- t.o.v. de luchtafvoervoorzieningen: Plaats ze bijv. zo ver mogelijk van elkaar of zorg er voor dat de toevoerlucht zodanig de ruimte instroomt dat ze goed vermengd wordt met de aanwezige lucht;
- Voorkom 'dode hoeken';
- Voorkom 'onderbroken stromingen' door ongelukkige opstelling van meubels; informeer bewoners hierover;
- Verdeel bij ruimtes die aan twee of meer gevels grenzen, natuurlijke toevoervoorzieningen voor buitenlucht over die gevels. Hiermee voorkomt men dode hoeken en heeft de bewoner meer mogelijkheden om bij tocht deze op te heffen door één rooster -deels- te sluiten en toch te ventileren door toevoer van verse lucht via de andere gevel.

6.2.3 Bruikbaarheid

Een ventilatiesysteem moet comfortabel en eenvoudig in het dagelijkse gebruik zijn. Tocht en geluid zijn belangrijke aandachtspunten. Ook het onderhoud, zeker voor bewoners, mag geen problemen opleveren.

Voorkom tochtklachten

Tochtklachten zijn te verminderen of zelfs grotendeels te voorkomen door:

- De toegevoerde luchtstroom met een zo laag mogelijke luchtsnelheid in de leefzone te laten instromen (max. 0,2 m/s volgens NEN 1087);
- Het toepassen van winddrukgerегelde ventilatieroosters (van toepassing bij systemen met natuurlijke toevoer); deze voorkomen een te grote toegevoerde luchtstroom bij toenemende winddruk;

- Luchttoevoeropeningen van 'koude' lucht (natuurlijke toevoer zonder voorverwarming) zo hoog mogelijk in de ruimte te plaatsen (minimaal 1,8 m (zie opmerking)); zo ver mogelijk uit de leefzone zodanig dat deze lucht eerst met de aanwezige warmere lucht kan mengen;
- Toevoerlucht vóór te verwarmen: via een serre of een grote glasspouw (paragraaf 4.2.3, 4.2.4 en 4.2.5), door warmteterugwinning uit afgevoerde lucht (paragraaf 6.6) of door een verwarmingssysteem.

Opmerking: De maat van 1,80 m is geen eis uit het Bouwbesluit maar een aanbeveling uit de NPR 1088 [154]. Dit om aan de eis te voldoen van een maximale snelheid van 0,2 m/s van de 'koude' lucht. Elke hoogte is toegestaan, mits maximaal aan die snelheid wordt voldaan.

Afb. 6.5 Te hanteren luchtsnelheden bij berekening van benodigd netto oppervlakte van ventilatievoorzieningen (NPR 1088:1999/2000) [154]

	Luchtsnelheid [m/s]
(Gevel) openingen natuurlijke ventilatie	0,83
Bij toepassing gaas (min. 50% doorlatendheid)	0,42
Overstroomopeningen (binnen de woning)	0,83
In kanalen bij natuurlijke ventilatie	1,00
In kanalen bij mechanische ventilatie	< 5,00
Nabij roosters bij mechanische ventilatie	< 3,00
In roosters bij mechanische toevoer	< 1,00
Voorbeeld: Ventilatie-eis: $21 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,021 \text{ m}^3/\text{s} (= 75 \text{ m}^3/\text{h})$; Benodigd oppervlakte bij natuurlijke ventilatie bedraagt $0,021 / 0,83 = 0,0253 \text{ m}^2 (= 2,53 \text{ dm}^2)$	

Let op: het gaat om netto-oppervlakten, een rooster moet dus een voldoende netto-doorlaatopening hebben.

Afb. 6.6 Overzicht van ventilatiekanalen: diameters met bijbehorende volumestromen voor het betreffende ventilatiesysteem. Tussen haakjes staan de luchtsnelheden aangegeven waarmee gerekend is

Diameter [mm]	Oppervlakte [dm ²]	Natuurlijk (1,0 m/s) [dm ³ /s]	Mech. toevoer (2,0 m/s) [dm ³ /s]	Mech. afvoer (3,5 m/s) [dm ³ /s]
63	0,3	3	6	10
80	0,5	5	10	18
100	0,8	8	16	27
125	1,2	12	24	42
160	2,0	20	40	70
200	3,1	31	62	110

Geluidoverlast beperken

Uit onderzoek [125] en [126] blijkt dat in veel (recente) nieuwbouwwoningen ventilatiesystemen (veel) geluidhinder veroorzaken. Een deel van de bewoners zet daarom de ventilatie in een lage stand of (bijv. 's nachts) zelfs geheel uit! Met als gevolg een matige tot slechte binnenluchtkwaliteit.

In het Bouwbesluit zijn daarom niet alleen geluideisen opgenomen voor woninginstallaties ten opzichte van omliggende woningen, maar ook voor het geluidniveau binnenshuis.

Vanaf april 2012 geldt voor alle verblijfsruimten een maximum geluidniveau voor eigen installaties van 30 dB volgens NEN 5077 [155] bepaald.

In de praktijk vraagt dit om veel zorg voor ontwerp en uitvoering van o.a. ventilatiesystemen, zie voor maatregelen o.a. paragraaf 6.1.2, 6.5 en 6.6. Het gaat daarbij vooral om de luchtweerstand in het ventilatiesysteem te beperken en de ventilatie-unit op de juiste plek en de juiste wijze te bevestigen.

Aanbevelingen:

- Hanteer voor slaapkamers een maximum geluidniveau van 25 dB, in plaats van de vereiste 30 dB;
- Controleer het geluidniveau bij oplevering door middel van metingen, bijvoorbeeld via een Ventilatie-Prestatiekeuring (VPK) volgens de [BRL 8010](#) [151].

Eenvoud in het gebruik

Bewoners (en beheerders) moeten het ventilatiesysteem eenvoudig kunnen bedienen en onderhouden.

Uitgangspunten hiervoor zijn:

- Goed te begrijpen;
- Eenvoudig te bedienen of automatisch werkend;
- Eenvoudig te onderhouden en te reinigen.

Aanbevelingen hierbij zijn:

- Zorg voor een duidelijke voorlichting naar bewoners (en beheerders), zowel mondeling als schriftelijk. Techniek Nederland en ISSO hebben een digitale gebruikshandleiding ontwikkeld waarmee o.a. installateurs, architecten en opdrachtgevers een handleiding kunnen samenstellen die specifiek op een bepaalde woning betrekking heeft; Zie www.mijnhuisinstallatie.nl;
- Plaats ook specifieke gebruikersinstructies op de installatie-voorzieningen zelf;
- Geef ook duidelijke instructies voor onderhoud. Voorzie bijv. de driestandenschakelaar bij gebalanceerde ventilatie met WTW van een signaalpje voor het schoonmaken of vervangen van de filters;
- Zorg dat onderdelen van een ventilatiesysteem:
 - Goed bereikbaar zijn voor bediening, onderhoud en reinigen;
 - Eenvoudig zijn te demonteren voor onderhoud en reinigen;
 - Alleen op de juiste wijze terug zijn te plaatsen.
- Geef duidelijke instructies wat er gedaan moet worden bij calamiteiten (grote brand, ernstige luchtverontreiniging) en zorg dat de installatie hierop is afgestemd (bijv. stekker ventilatie-unit eenvoudig uit stopcontact te halen / aansluiting op gemarkeerde aparte elektragroep).

6.3 Ventilatiesystemen

De benodigde ventilatie kan op vele manieren tot stand worden gebracht.

Ventilatiesystemen zijn te onderscheiden naar de wijze van:

- Toevoer van ventilatielucht;
- Afvoer van ventilatielucht.

NTA 8800 [30] hoofdstuk 11 maakt onderscheid in vijf (basis)systemen (afbeelding 6.7) waarbij verschillende combinaties van natuurlijke en mechanische ventilatie toegepast worden; het gecombineerde systeem is E voor lokale balansventilatie met toe- en afvoerstromen waarbij het gaat om combinaties van decentrale balansventilatie met wtw met een van de vier andere (basis)systemen. Binnen de systemen zijn allerlei varianten mogelijk. In de volgende paragrafen komen de systemen A, C, D en E met varianten aan bod. Voor systeem B wordt verwezen naar [Kleintje Ventilatie](#) [129] omdat dit systeem zelden voorkomt. In paragraaf 6.7 is aandacht voor een vrij nieuwe ontwikkeling: hybride ventilatie. Dit is een combinatie van systemen en valt dus onder systeem E.

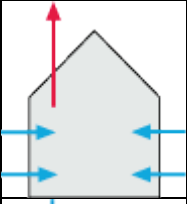
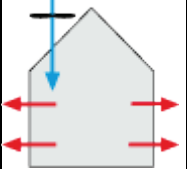
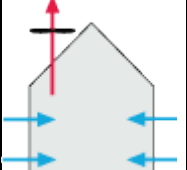
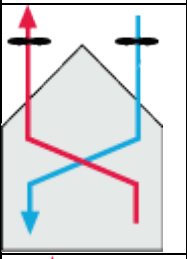
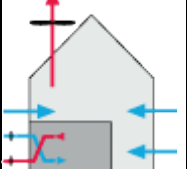
In afbeelding 6.8 is voor een aantal ventilatiesystemen een vergelijking opgenomen ten opzichte van systeem D3 dat toegepast is in de referentie twee-onder-één-kapwoning van RVO (zie bijlage 4). Dit systeem bestaat uit gebalanceerde ventilatie met WTW (warmteterugwinning) en CO₂-sturing op de afvoer. In de tabel wordt aangegeven of een systeem op een aspect beter (+), slechter (-) of gelijk (0) scoort in vergelijking met de referentie. In paragraaf 3.4 is, ter illustratie, het energetische effect gegeven van een aantal ventilatiesystemen. Meer informatie over de verschillende systemen is in de volgende paragrafen en in [129] te vinden.

Tip

Stel eisen aan het ventilatiesysteem met het oog op uitbreidbaar- of aanpasbaarheid van de woning. Dit speelt bijvoorbeeld wanneer een zolder of garage als woonruimte gebruikt zou kunnen worden. Eén van de mogelijkheden is om die extra ruimte aan te sluiten op het bestaande ventilatiesysteem als deze o.a.

voldoende capaciteit heeft en aansluiting praktisch gezien mogelijk is. Een andere mogelijkheid is de extra ruimte te voorzien van een geheel eigen ventilatievoorziening, bijv. in de vorm van een decentrale unit met gebalanceerde ventilatie + WTW.

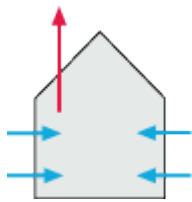
Afb. 6.7 Overzicht ventilatiesystemen op basis van NTA 8800 [30] hoofdstuk 11

	Ventilatiesysteem	Toevoer	Afvoer	Aanduiding NEN 1087
	Natuurlijk	Natuurlijk	Natuurlijk	A*
	Combinatie natuurlijk/mechanisch	Mechanisch	Natuurlijk	B*/**
		Natuurlijk	Mechanisch	C
	Gebalanceerd (met WTW)	Mechanisch	Mechanisch	D
	Zones met decentraal gebalanceerd (met WTW) en zones met systeem C	Mechanisch/natuurlijk	Mechanisch	E
* Niet toegestaan indien de vloer van de bovenste woonlaag 13 m of meer boven het maaiveld ligt. ** Wordt weinig toegepast wegens hoge kosten (twee kanaalstelsels nodig)				

Afb. 6.8 Keuzetabel ventilatiesystemen. In de tabel wordt aangegeven of een systeem op een aspect beter (+), slechter (-) of gelijk scoort aan de referentie (0); de referentie is een gebalanceerd ventilatiesysteem (type D3 volgens NEN 8088) met WTW en CO₂-sturing op de centrale afvoer. De beoordeling is indicatief omdat er binnen de genoemde systemen vele varianten met specifieke eigenschappen mogelijk zijn. Zo blijkt uit onderzoek [127] dat bijvoorbeeld de plek van CO₂- en RV-sensoren erg bepalend is voor het effect op de ventilatie per vertrek: de sensoren hebben namelijk vooral effect wanneer ze de lucht in of van een bepaald vertrek meten en invloed hebben op de daadwerkelijke ventilatie van dat vertrek, bijvoorbeeld door het aansturen van een klep in de mechanische afvoer van dat vertrek

Ventilatie-systeem	Regeling	Systeem NTA 8800	Kosten	Energiebesparing	Onderhoud	Gebruiksgemak	Verse lucht/tocht	Geluid systeem	Geluid van buiten	Robuustheid/degelijkheid	Ruimte beslag
natuurlijke toevoer door zelfregelende roosters + natuurlijke afvoer	Handmatig op toevoer	A2a	+	--	++	-	-	++	-/--	++	O/+
Natuurlijke toevoer door zelfregelende roosters + mechanische afvoer	Handmatig/meerstanden-schakelaar	C2a	+	--	+	-	-	+	-/--	+	++
	Tijdgestuurd	C3b	+	--	++	O	-/O	+	-/--	+	++
	CO ₂ sturing op afvoer per zone*	C4c	O/+	-	O	+	+	+	-/--	-	+
Gebalanceerde ventilatie (centrale mechanische toe- en afvoer) + 100% bypass	Meerstanden-schakelaar, geen zonering	D2	O	O/-	O	-	O	O	O	O/+	O
	CO₂-sturing op afvoer, geen zonering	D3	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	CO ₂ -sturing per zone*	D5a	-	++	-	O	+	O	O	-	-
Decentrale gebalanceerde ventilatie met wtw in vertrekken + centrale mechanische afvoer sanitair	CO ₂ /RV sturing per zone*	D5b	--	++	--	O	+	O/-	-	-	O/+
Natuurlijke toevoer door zelfregelende roosters of luchttoevoerunits + hybride afvoer; alleen mechanische afvoer indien nodig (zie paragraaf 6.7)	CO ₂ -sturing per zone*	E	O/-	-	+	O	+	+	-/--	O	+
*) Er zijn meerdere zones											
De vet gedrukte tekst is te beschouwen als referentie											

6.4 Natuurlijke toe- en afvoer (systeem A)



Afb. 6.9

Principe systeem A

Karakteristiek:

- De ventilatie vindt plaats door drukverschillen ten gevolge van wind en/of temperatuurverschillen ('schoorsteeneffect');
- Natuurlijke toevoer van ventilatielucht via ventilatieroosters (of eventueel goed regelbare (klep)ramen, zie paragraaf 6.9 bij handmatige bediening) direct van buiten. De roosters worden meestal aan de bovenzijde van raamkozijnen ingebouwd. Er zijn roosters verkrijgbaar die aan de buitenkant van de gevel vrijwel onzichtbaar zijn weggewerkt;
- Natuurlijke afvoer via één of meer luchtkanalen, schachten, roosters (of ramen);
- In elke verblijfsruimte worden toevoervoorzieningen (meestal roosters) aangebracht, zodat de toevoer in elke ruimte afzonderlijk te regelen is;
- Via overstroomvoorzieningen (spleten onder binnendeuren of roosters, zie paragraaf 6.2.2) wordt de lucht van de ene naar de andere ruimte getransporteerd;
- Op geluid belaste locaties (afhankelijk van de geluidbelasting) kunnen geluidwerende ventilatieroosters (suskasten) worden toegepast. Normale toevoerroosters (geïntegreerd in kozijnen) houden in de open stand geen geluid tegen, mede omdat de buitenzijde meestal naar het (straat)geluid is gericht.

Dit ventilatiesysteem wordt zelden in nieuwbouw toegepast. Toch biedt het interessante mogelijkheden zoals blijkt uit het project Veldzicht in Valkenburg (ZH). De woningen zijn voorzien van een serre voor de voorverwarming van de toevoerlucht, en een incidentele mechanische afzuiging (wc, afzuigkap). Bewoners zijn over het algemeen (zeer) tevreden [80].

Voordelen

- Geluidsarm, behalve bij harde wind;
- Nauwelijks elektrische hulpenergie nodig (alleen toilet en afzuigkap);
- Het is een voor bewoners begrijpelijk systeem. De bediening is eenvoudig en een bewoner merkt direct het resultaat van het open of sluiten van een rooster;
- In slaapkamers kan ('s nachts) met relatief koele buitenlucht geventileerd worden, ook zonder openstaand raam; daardoor is een 'koelere' slaapkamer mogelijk;
- Diverse fabrikanten leveren de toevoerroosters met ingebouwde zonwering in de vorm van een screen. Ook de combinatie van screen (bovenste deel raam) en valarmscherm (onderste deel raam) is verkrijgbaar waardoor een goed uitzicht mogelijk blijft.

Nadelen

- De ventilatie is sterk afhankelijk van windsnelheid, temperatuurverschillen tussen binnen en buiten en bewoningspatroon; voldoende ventilatie is dus lang niet altijd gewaarborgd;
- Kans op tocht bij gevels (zie hierna);
- Kans op geluidshinder van buiten door de roosters;
- Afvoerkanalen hebben een grotere diameter dan die bij mechanische centrale afzuiging (systeem C); er is extra aandacht nodig voor een goede inpassing in het ruimtelijk ontwerp;
- Geen warmterugwinning mogelijk (om te gebruiken voor verwarming ventilatielucht of tapwater via warmtepomp);
- Doordat het bij systeem A niet mogelijk is om de ventilatiedebieten te verlagen op momenten dat de bewoners niet aanwezig zijn (vraagreductie), heeft een woning met dit ventilatiesysteem een relatief hoge (ongunstige) energieprestatie.

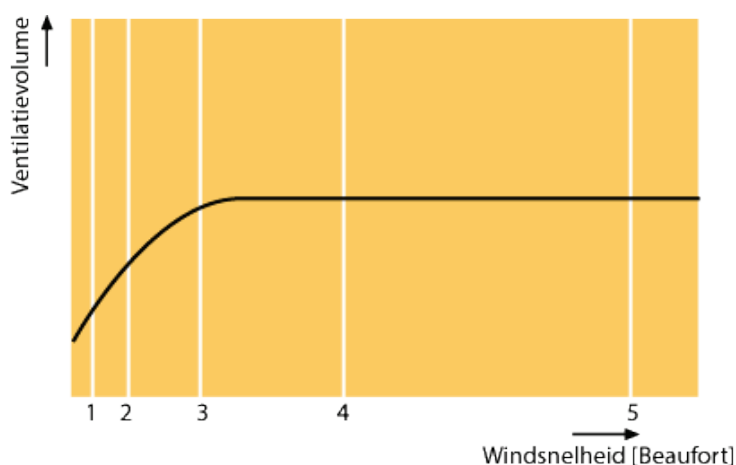
Kans op tocht en windgeruis verkleinen

Toepassing van zelfregelende roosters ('winddruk geregeld') (afbeelding 6.10) verkleint de kans op tocht en windgeruis. Dergelijke roosters zijn zeer gebruikelijk. De roosters zijn vergelijkbaar met normale ventilatieroosters waaraan echter een (inwendige) mechanische of elektronisch geregelde klep is toegevoegd die reageert op de winddruk. Ze laten bij hogere windsnelheden minder lucht door dan normale roosters. Voordelen zijn:

- Beter comfort; de roosters zullen minder snel worden dichtgezet waardoor een betere ventilatie in stand blijft;
- Energiebesparing doordat teveel ventilatie bij harde wind wordt beperkt.

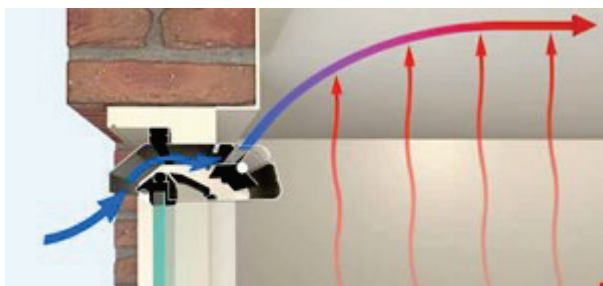
Er zijn roosters verkrijgbaar waarbij de binnenkomende buitenlucht naar boven wordt afgebogen waardoor de lucht langs het plafond stroomt en zich met de binnenlucht mengt (afbeelding 6.11). Dit verkleint de kans op koudeval (tocht) aanzienlijk. Een alternatief voor deze roosters is een ventilatierooster in combinatie met een bouwkundige koof (afbeelding 6.12).

In de energieprestatieberekening wordt bij de zelfregelende ventilatieroosters onderscheid gemaakt in 3 klassen met betrekking tot de nauwkeurigheid van het regelen van de hoeveelheid ventilatielucht die de roosters doorlaten. In de EPC-berekening moet de juiste klasse aangegeven worden volgens specificatie van de fabrikant.

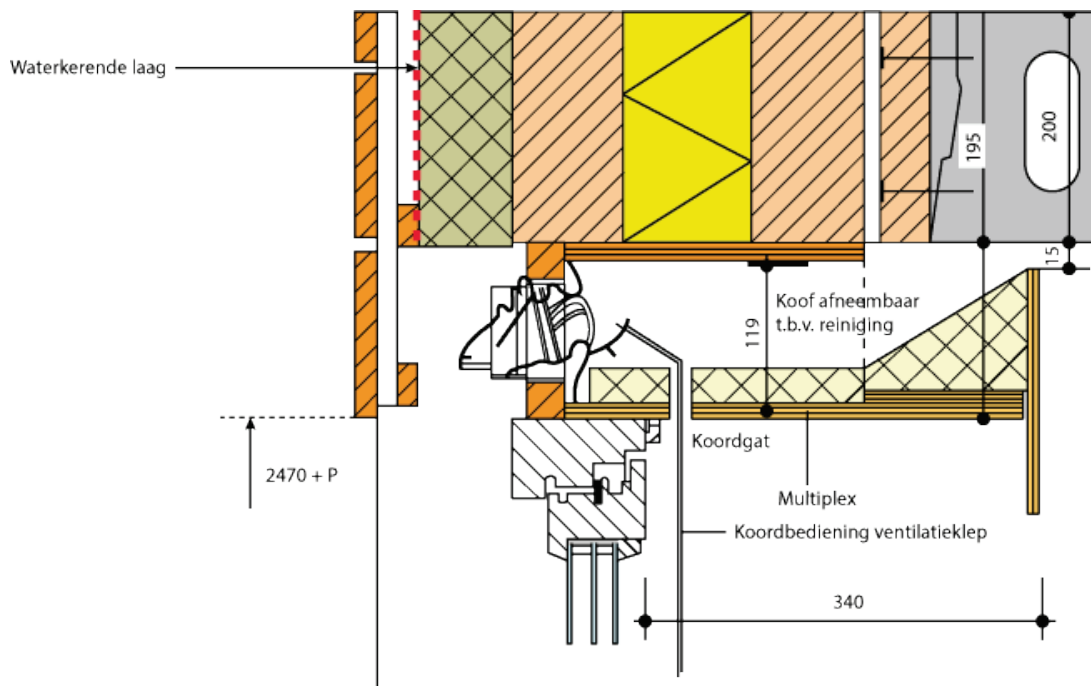


Afb. 6.10 Principe zelfregelend mechanisch ventilatierooster. Hierbij betreft het de windschaal van Beaufort:

0	Stil	(0-1 km/h)
1	Zwak	(1-5 km/h)
2	Zwak	(6-11 km/h)
3	Matig	(12-19 km/h)
4	Matig	(20-28 km/h)
5	Vrij krachtig	(29-38 km/h)



Afb. 6.11 Ventilatierooster waarbij door de vorm van het rooster de binnenkomende luchtstroom langs het plafond wordt geleid (door het Coanda-effect). In het stookseizoen wordt zo de ventilatielucht van buiten eerst gemengd (en opgewarmd) met binnenlucht. Dit verkleint de kans op koudeval en zorgt dus voor een comfortabeler binnenklimaat. (Bron: Alusta Natuurlijke Ventilatietechniek)



Afb. 6.12 Ventilatiooroster met bouwkundige koof waardoor de binnenkomende luchtstroom langs het plafond wordt geleid; de 'uitmonding' (spleet) moet circa 15 mm hoog zijn om de lucht voldoende ver in het vertrek te leiden. Let op dat de luchtdoorlaat van het hele systeem (dus rooster plus koof met spleet) minimaal voldoet aan de ventilatie-eis. De koof is te verwijderen ten behoeve van het schoonmaken van koof en ventilatiooroster. Aan de onderzijde van de koof kunnen gordijnen worden opgehangen zodat die de toevoer van de ventilatielucht niet belemmeren. De koof is ontwikkeld voor de '[Brabantwoning](#)' en in [134] toegelicht. (Bron: Renz Pijnenborgh, Archi Service)

De tochtproblemen van natuurlijke toevoer kunnen ook voorkomen worden door:

- Voorverwarming van de natuurlijke toevoer via bijvoorbeeld een serre (paragraaf 4.2.3). Hiermee kan bovendien energie bespaard worden en wordt de geluidswering verbeterd;
- Speciale toevoer-unit, met eventueel een zelfregelende klep, die achter een radiator wordt geplaatst.

Aanbevelingen

- Plaats toevoerroosters direct onder het plafond;
- Verdeel bij ruimtes die aan twee of meer gevels grenzen, de (natuurlijke) toevoer over deze gevels; hiermee bereikt men o.a. een betere ventilatie (minder kans op 'dode' hoeken);
- Maak de (afstands-)bediening van de toevoervoorzieningen maximaal op een hoogte van 1,5 meter;
- Voorzie de keuken van een mechanische afzuigkap om de afvoer van kooklucht te verbeteren; tijdens het gebruik van de afzuigkap moet er extra buitenlucht toegevoerd worden, informeer bewoners hierover. Let op: de afzuigkap mag volgens het Bouwbesluit niet meetellen in de berekening van de ventilatiecapaciteit;
- Een verdere verbetering wordt gerealiseerd door de gehele natuurlijke afvoer te ondersteunen met mechanische afvoer op momenten dat de natuurlijke krachten het laten afweten, zie bij 'hybride ventilatie' paragraaf 6.7;
- Maak de woning niet te luchtdicht, voldoe aan de eisen van luchtdichtheidsklasse 1 uit NEN 2687 [91]): $q_{v10-spec}$ minimaal $1,0 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 (zie bijlage 1.3).

Afvoerkanalen

Voorwaarden voor een goede natuurlijke afvoer:

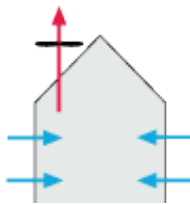
- Zorg voor lage luchtweerstand in afvoerkanalen, geen plotselinge vernauwingen, een kanaal mag maximaal met een hoek van 30° worden versleept;

- Kies met zorg de kap op de dakafvoer(en), dit om voldoende trek te krijgen;
- Zie verder NEN 1087 en NPR 1088 voor de dimensionering van kanalen en de plaats van uitmondingen. Houd daarbij ook rekening met aanwezige (hoge) bebouwing. Praktisch gezien moet een afvoerkanaal bij een woning met een kap vlak bij de nok van het dak eindigen.

Bij laagbouw kunnen de afzuigpunten in wc, badkamer en keuken op drie afzonderlijke kanalen of een centraal kanaal worden aangesloten.

Bij hoogbouw moet per woning een afzonderlijk kanaal worden aangebracht. Combinatie van kanalen van boven elkaar gelegen woningen wordt sterk afgeraden in verband met de risico's voor terugstroming en daardoor geuroverlast.

6.5 Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer (systeem C)



Afb. 6.13

Principe systeem C

Karakteristiek:

- De ventilatie vindt plaats met behulp van één elektrische ventilator in de centrale ventilatie-unit;
- Natuurlijke toevoer van ventilatielucht via ventilatieroosters (of goed regelbare klepramen, zie toelichting van art. 3.31 Bouwbesluit) direct van buiten. De roosters worden meestal aan de bovenzijde van raamkozijnen ingebouwd. Er zijn roosters verkrijgbaar die aan de buitenkant van de gevel vrijwel onzichtbaar zijn weggewerkt;
- In elke verblijfsruimte worden toevoervoorzieningen (meestal roosters) aangebracht, zodat de toevoer in elke ruimte afzonderlijk te bedienen is;
- Via overstroomvoorzieningen (spleten onder binnendeuren of roosters, zie paragraaf 6.2.2) wordt de lucht van de ene naar de andere ruimte getransporteerd, tenzij elke ruimte aangesloten is op het kanalenstelsel voor de mechanische afvoer (zie bij varianten);
- Mechanische afvoer via een kanalenstelsel met daaraan gekoppeld een ventilatie-unit. Het direct afzuigen via afzuigventielen vindt plaats tenminste vanuit keuken, badkamer(s) en wc('s); aanbevolen wordt dat ook te doen vanuit een in pandige berging en opstelruimte voor wasmachine en/of wasdroger. Directe afzuiging kan ook uit alle ruimten plaatsvinden, zie onder kopje 'Varianten';
- Drie ventilatiestanden zijn gebruikelijk, de bediening vindt plaats met een driestandenschakelaar in minimaal de keuken; er zijn ook ventilatie-units met vier standen verkrijgbaar. Regelmatig worden ook twee schakelaars aangebracht: één in de keuken en één in of bij de badkamer; dit is zeker aan te bevelen omdat hierdoor bewoners gestimuleerd worden beter te ventileren;
- Op geluidbelaste locaties kunnen (afhankelijk van de geluidbelasting) geluidwerende ventilatieroosters (suskasten) worden toegepast;
- Vanuit het oogpunt van energiebesparing wordt dit systeem vaak uitgevoerd met CO₂-sensoren die meten of er mensen in de woning aanwezig zijn. Bij afwezigheid van mensen schakelt het ventilatiesysteem automatisch naar een laagstand. Dit is gunstig voor het energiegebruik van de woning. Het is daarbij wel noodzakelijk om CO₂-sensoren te plaatsen in de woonruimte en in alle slaapvertrekken.

Dit ventilatiesysteem wordt, evenals gebalanceerde ventilatie met WTW, vaak in nieuwbouw toegepast.

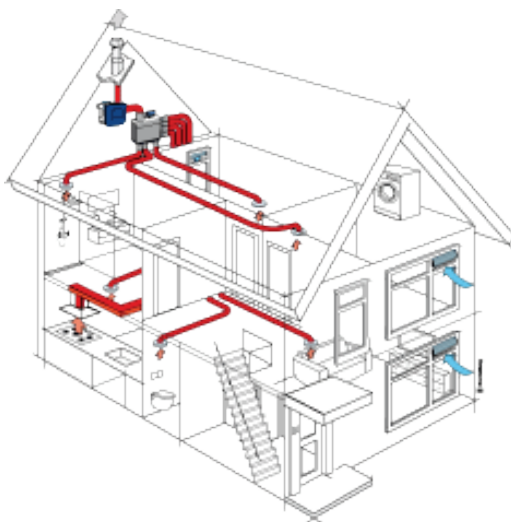
Voordelen

- Een redelijk beheersbare ventilatie, beter dan systeem A (geheel natuurlijke ventilatie). Vooral de vocht- en geurafvoer uit keukens en sanitaire ruimten zijn redelijk gegarandeerd;
- Geluidsarm in de ruimten waar alleen lucht 'natuurlijk' wordt toegevoerd, behalve bij harde wind;

- Een voor bewoners begrijpelijk systeem. De bediening is eenvoudig en een bewoner merkt direct het resultaat van het open of sluiten van een toevoerrooster;
- In slaapkamers kan ('s nachts) met relatief koele buitenlucht geventileerd worden, ook zonder openstaand raam; daardoor is een 'koelere' slaapkamer mogelijk;
- Een beperkt kanalenstelsel ten opzichte van een gebalanceerd systeem;
- Diverse fabrikanten leveren de toevoerroosters met ingebouwde zonwering in de vorm van een screen. Ook de combinatie van screen (bovenste deel raam) en valarmscherm (onderste deel raam) is verkrijgbaar waardoor een goed uitzicht mogelijk blijft;
- Warmteterugwinning uit de ventilatielucht is mogelijk voor tapwater via een warmtepompboiler (zie paragraaf 9.3.6); de vraag naar warm tapwater en het aanbod van ventilatielucht moeten hierbij op elkaar afgestemd zijn om een efficiënte warmteterugwinning mogelijk te maken.

Nadelen

- Alleen bij geopende ventilatieroosters is voldoende ventilatie mogelijk;
- Kans op tocht bij gevels; tochtthinder wordt verkleind als zelfregelende roosters worden toegepast (zie paragraaf 6.4 bij 'Kans op tocht verkleinen' en afbeelding 6.11 en 6.12);
- Elektrische hulpenergie nodig (gebruik altijd gelijkstroomventilatoren ter beperking van het energieverbruik);
- Mogelijk geluidhinder in de ruimten waar direct mechanisch wordt afgezogen, in ruimten waar luchtkanalen doorheen lopen of nabij de ventilatie-unit. Besteed veel aandacht aan het voorkomen van geluidhinder (luchtgeluid, contactgeluid):
 - Neem geluidwerende maatregelen in het kanalenstelsel (zie paragraaf 6.2.2 en 6.2.3);
 - Voorkom contactgeluid, bevestig de unit trillingsvrij volgens voorschrift van de fabrikant (bijv. met behulp van rubbers);
 - Bevestig bij wandmontage de unit op (binnen)wanden met een massa van minimaal 200 kg/m² (de gebruikelijke binnenwanden voldoen dus niet) of neem aanvullende maatregelen (bijv. verstijving door extra beplating);
 - Bevestig bij plafond/vloermontage de unit op een plafond/vloer met een massa van minimaal 200 kg/m² (bij collectief systeem tenminste 400 kg/m²);
 - Kies de plek van de unit zorgvuldig, bij voorkeur in afgesloten ruimte (dus niet op overloop of nabij trapgat);
 - Voorkom overspraak via de doorvoer van kanalen tussen twee (geluidgevoelige) vertrekken, dicht de naden om de kanalen goed af.



Afb. 6.14 Een variant op het standaard ventilatiesysteem C. Alle vertrekken zijn via luchtkanalen en een verzamel-luchtverdeelkast ('plenumbox') rechtstreeks aangesloten op de ventilatie-unit; in deze verdeelkast zitten één CO₂- en één of twee luchtvochtigheidsensor(en), voor de badkamer(s), en een regelklep per vertrek. Deze kleppen worden door de sensor(en) aangestuurd waardoor elk vertrek optimaal geventileerd kan worden. (Bron: Itho Daalderop)

Varianten

Er zijn diverse varianten mogelijk om de ventilatie te verbeteren, comfortabeler en/of energiezuiniger (lager primair fossiel energiegebruik) te maken door het toepassen van:

- Zelfregelende toevoerroosters, mechanisch of elektronisch gestuurd (zie paragraaf 6.4 en 6.9);
- Vraaggestuurde regeling: sturing op luchtkwaliteit (bijv. CO₂-gehalte en/of luchtvochtigheid) of tijdsturing via de centrale ventilatie-unit (zie paragraaf 6.9), bij voorkeur in combinatie met zelfregelende ventilatieroosters; één van de mogelijkheden is een systeem waarbij alle vertrekken via luchtkanalen en een verzamel-luchtverdeelkast rechtstreeks aangesloten zijn op de ventilatie-unit; in deze verdeelkast zitten sensoren (voor meting van de luchtkwaliteit) en zit per vertrek een regelklep waardoor elk vertrek optimaal geventileerd kan worden, afgestemd op de vraag (afbeelding 6.14);
- Voorverwarming van de natuurlijke toevoerlucht via bijvoorbeeld een serre (paragraaf 4.2.3);
- Toevoer via een unit in combinatie met een radiator, met eventueel een zelfregelende toevoerklep.

Aanbevelingen

- Pas bij voorkeur geen motorloze afzuigkap in de keuken toe; zo'n kap heeft weinig extra effect;
- Aan te raden is een losse mechanische afzuigkap, waarbij de lucht direct naar buiten wordt afgevoerd; zo'n kap heeft een veel betere werking en zorgt er voor dat de betreffende luchtkanalen en de centrale ventilatie-unit minder vervuilen. Tijdens het gebruik van deze afzuigkap moet er wel extra buitenlucht toegevoerd worden, informeer bewoners hierover;
- Zorg voor een eenvoudig verloop en een zo kort mogelijk stelsel van de kanalen. Hoe minder weerstand, des te lager het energieverbruik en de geluidproductie (zie paragraaf 6.2);
- Leg de maximale toelaatbare luchtsnelheid in de kanalen en geluidproductie van het ventilatiesysteem vast in het technisch ontwerp (het bestek) (zie paragraaf 6.2);
- Neem het maximaal te installeren vermogen van de ventilator(en) per woning op in het technisch ontwerp, zeker bij collectieve installaties;
- Zie voor de plaats van de dakafvoer NEN 1087 [133] en NPR 1088 [154];
- Breng zowel in de keuken als in of nabij de badkamer een schakelaar voor de ventilatie aan; voorzie die van de badkamer met een 'timer'. Hiermee kan de ventilatie door bewoners voor een bepaalde periode in de hoge stand worden gezet waarna de ventilatie automatisch terugkeert in de oude stand;
- Plaats afzuigventielen i.v.m. voorkomen van vervuiling van langsstrijkende lucht en i.v.m. de mogelijkheid van metingen (bijv. voor het inregelen) ten minste 50 mm. vanaf de hoek tussen wand(en) of plafond [141]. Plaatsing van meetapparatuur is dan mogelijk;
- Gebruik bij instelbare afzuigventielen ventielen met borging zodat na reiniging (door bewoners) de instelling van de ventielen niet gewijzigd is;
- Wanneer er luchtverdeelkasten worden gebruikt, kunnen er niet-instelbare ventielen worden toegepast; zie de toelichting bij afbeelding 6.4;
- Let vooral op een zorgvuldige uitvoering van:
 - De aansluiting van de elektrische regeling;
 - De inregeling van de luchthoeveelheden; een rapportage bij oplevering is sterk aan te raden (bijv. via Ventilatie-Prestatiekeuring (VPK) volgens de [BRL 8010](#) [151]).
- Plaats CO₂-sensoren in zowel de woonkamer als de slaapkamers ten behoeve van een goede luchtkwaliteit;
- Zorg voor een duidelijke instructie voor de bewoners: mondeling en schriftelijk, bijvoorbeeld in een bewonershandboek en in stickervorm (bij de bedieningsknop en op de ventilatie-eenheid).

Gestapelde bouw

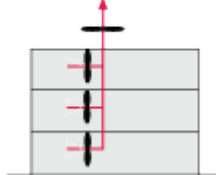
In de gestapelde bouw is er een keuze tussen:

- Individueel systeem per woning, zie hierboven; praktisch gezien alleen mogelijk bij gestapelde bouw tot zo'n 4 à 5 bouwlagen; bij meer lagen nemen de afvoerkanalen erg veel ruimte in beslag;
- Een collectief systeem, zie hierna.

Collectief systeem

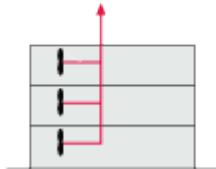
Hierbij is er een keuze tussen een eigen ventilatie-unit per woning en een centrale afzuiging door middel van een op het dak geplaatste ventilator, of een combinatie van beide. In alle gevallen wordt de lucht via één centraal afvoerkanaal naar het dak afgevoerd:

- Eén collectieve dakventilator en per woning een ventilator-unit; dit systeem werkt zeer goed en is zeer goed regelbaar. De dakventilator zorgt constant voor een lichte onderdruk in het collectieve kanaal. Terugstroming wordt zo voorkomen; eventueel als extra veiligheid terugslagklep toepassen. Kans op een hoger energieverbruik dan de volgende 2 varianten.



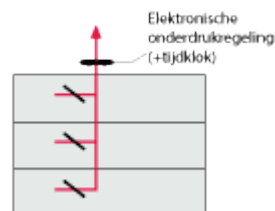
Afb. 6.15 Principe voor collectief systeem met een collectieve en een individuele ventilator

- Per woning een ventilator-unit en een speciale afvoerkap op het collectieve kanaal. Eenvoudiger dan het voorgaande systeem. Kans op ongewenste damp- en geurspreiding wanneer een bewoner de ventilator uitzet. Daarom is per woning een terugslagklep gewenst.



Afb. 6.16 Principe voor collectief systeem met individuele ventilatoren

- Eén collectieve dakventilator plus elektronische onderdrukregeling en per woning een regeling met kleppen. Eventueel een tijdklokregeling op de dakventilator om energie te besparen; dit kan alleen bij speciale bestemmingen zoals bijv. een verzorgingshuis. Een goed systeem met kans op een relatief laag energieverbruik.

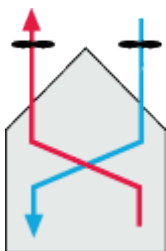


Afb. 6.17 Principe voor collectief systeem met een collectieve ventilator plus onderdrukregeling en kleppen per woning

Aandachtspunten:

- Voldoende geluiddempende voorzieningen tegen overspraak en geluidhinder door ventilatoren;
- Geen mechanische afzuigkappen aansluiten op het collectieve systeem;
- Noodzakelijke brandwerende voorzieningen bij de aansluiting op collectieve kanalen.

6.6 Gebalanceerde ventilatie met WTW (systeem D)



Afb. 6.18 Principe systeem D

Karakteristiek

- De ventilatie vindt plaats met behulp van twee elektrische ventilatoren in de centrale ventilatie-unit: de ene is voor de toevoer en de andere voor de afvoer van ventilatielucht. Er zijn twee luchtkanalenstelsels door de woning: de ene voor de toevoer, de andere voor de afvoer;
- De hoeveelheid toe- en afvoerlucht is in principe gelijk (in balans); naast 'gebalanceerde ventilatie' wordt ook wel de term 'balansventilatie' gebruikt;
- Er vindt warmteterugwinning (WTW) plaats uit de afvoerlucht; deze warmte wordt overgedragen op de verse toevoerlucht van buiten; de warmteterugwinning vindt vrijwel altijd plaats in de ventilatie-unit en wordt dan vaak aangeduid met WTW-unit;
- Mechanische toevoer vindt plaats naar tenminste de woonkamer en slaapkamers;
- Via overstroomvoorzieningen (spleten onder binnendeuren of roosters, zie paragraaf 6.2.2) wordt de lucht van de ene naar de andere ruimte getransporteerd;
- Mechanische afvoer via het tweede kanalenstelsel. Het direct afzuigen via afzuigventielen vindt plaats tenminste vanuit keuken, badkamer(s) en wc('s). Aanbevolen wordt dat ook te doen vanuit een in pandige berging en opstelruimte voor wasmachine en/of wasdroger [148];
- Drie ventilatiestanden zijn gebruikelijk, de bediening vindt plaats met een driestandenschakelaar in minimaal de keuken; er zijn ook ventilatie-units met vier standen verkrijgbaar. Regelmatig worden ook twee schakelaars aangebracht: één in de keuken en één in of bij de badkamer; dit is zeker aan te bevelen omdat hierdoor bewoners gestimuleerd worden beter te ventileren;
- Vanuit het oogpunt van energiebesparing wordt dit systeem vaak uitgevoerd met CO₂-sensoren die meten of er mensen in de woning aanwezig zijn. Bij afwezigheid van mensen schakelt het ventilatiesysteem automatisch naar een laagstand. Dit is gunstig voor het energiegebruik van de woning. Het is daarbij wel noodzakelijk om CO₂-sensoren te plaatsen in de woonkamer en in alle slaapvertrekken.

De warmteterugwinning vindt plaats in een z.g. warmtewisselaar. Er zijn meerdere typen verkrijgbaar. Het meest toegepaste is de tegenstroomwisselaar die een rendement heeft van circa 90%; dit is hoog, vandaar de aanduiding HR-WTW. NTA 8800 hanteert als forfaitaire waarde 0,75 voor een aluminium en 0,80 voor een kunststof tegenstroomwisselaar. De norm hanteert een praktijkprestatiefactor (correctie) van $\leq 0,9$ om het forfaitaire of het laboratorium rendement (volgens opgave fabrikant) te corrigeren naar het praktijkrendement. Dit in verband met o.a. onbalans, lucht- of warmtelekken en condensvorming. Bij een tegenstroomwisselaar lopen de toe- en afvoerlucht in tegengestelde richting in kleine kanaaltjes. Elk kanaaltje wordt omgeven door kanaaltjes waarin de luchtstroming tegengesteld is. Door het hoge rendement, wordt de buitenlucht zodanig opgewarmd dat de kans op tocht gering is. Naverwarming is niet nodig.

Bij de WTW-unit kan een verwarming- en koelingsysteem worden toegevoegd. Vanwege de geringe luchthoeveelheden is de maximale verwarmings- en koelcapaciteit beperkt. Het koelen wordt sterk afgeraden vanwege het relatief hoge energieverbruik.

WTW-units zijn voorzien van een automatische vorstbeveiliging. Bij strenge vorst zou zonder beveiliging de afvoerlucht (met relatief veel vocht) in de unit kunnen bevriezen zodat de afvoer van ventilatielucht geheel geblokkeerd wordt. Bij de meeste systemen wordt tijdelijk de toevoer van buitenlucht verminderd (of in het uiterste geval zelfs stopgezet) zodat de afvoerlucht minder afkoelt en daardoor niet bevriest. Er ontstaat wel (enige) onbalans in toe- en afvoer. Een andere mogelijkheid is om met enige regelmaat warme afvoerlucht te mengen met de koude toevoerlucht. Hierdoor wordt deze warmer en zal ook de afvoerlucht minder afkoelen zodat de unit niet zal dichtvriezen.

Gebalanceerde ventilatie met WTW wordt, evenals systeem C, vaak in nieuwbouw toegepast, vooral met het oog op energiebesparing (gunstig voor de energieprestatieberekening) tegen relatief lage kosten. Ook kan het systeem comfortabel zijn. Voorwaarde is dat het ontwerp en de uitvoering voldoende aandacht krijgen. In de huidige bouwpraktijk blijkt dat nog lang niet altijd het geval te zijn [125], [126] en [131]. De brochure '[Balansventilatie met WTW in de woningbouw – Sleutels tot succes](#)' [132] geeft tal van concrete aanbevelingen om een goed gebalanceerd ventilatiesysteem te realiseren.

Ook bij dit ventilatiesysteem zijn spuivoorzieningen vereist (zie paragraaf 6.2.1)!

Bewoners moeten goed geïnformeerd worden over het gebruik en onderhoud (regelmatig filters schoonmaken of vervangen!). Zorg voor een duidelijke voorlichting naar bewoners (en beheerders), zowel mondeling als schriftelijk.

Voordelen

- Een goed beheersbare ventilatie, mits zorgvuldig ontworpen, uitgevoerd en onderhouden;
- Comfortabel door de voorverwarming van de verse buitenlucht door de WTW;
- Energiebesparend door de WTW, mits de woning een zeer goede luchtdichting (klasse 2) heeft;
- Maakt bij gevels met hoge geluidsbelasting, door bijvoorbeeld verkeerslawaaï, suskasten overbodig (zie paragraaf 6.4);
- De aanvoer van mogelijk verontreinigde lucht van buiten kan worden beperkt door de aanvoer van buitenlucht op de meest schone locatie te plaatsen en door de toepassing van filters (zie paragraaf 6.1.2).

Nadelen

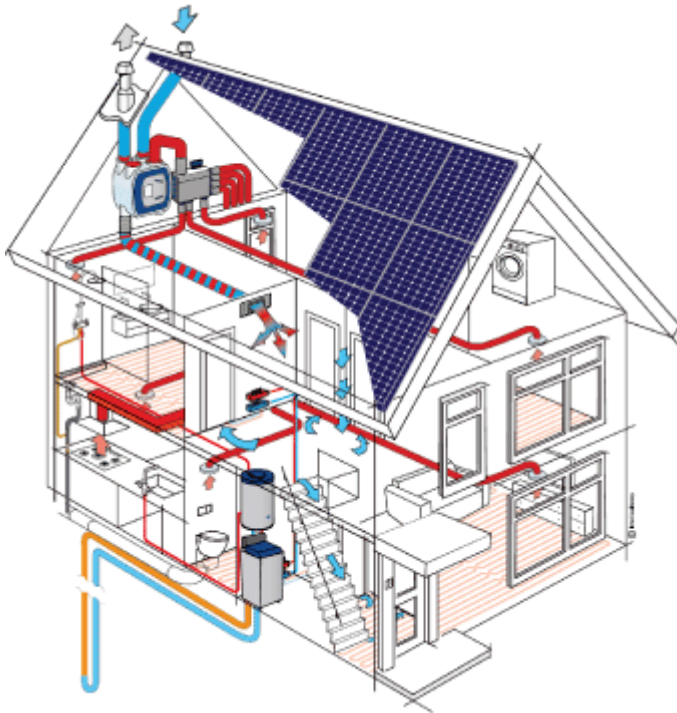
- Mogelijk geluidhinder van de toevoer- of afvoerlucht of WTW-unit bij onvoldoende zorg bij ontwerp en uitvoering.
Besteed veel aandacht aan het voorkomen van geluidhinder (luchtgeluid, contactgeluid):
 - Neem geluidwerende maatregelen in het kanalenstelsel (zie paragraaf 6.2.2 en 6.2.3);
 - Voorkom contactgeluid, bevestig de unit trillingsvrij volgens voorschrift van de fabrikant (bijv. met behulp van rubbers);
 - Bevestig bij wandmontage de unit op (binnen)wanden met een massa van minimaal 200 kg/m² (de gebruikelijke binnenwanden voldoen dus niet) of neem aanvullende maatregelen (bijv. verstijving door extra beplating);
 - Bevestig bij vloermontage de unit op een vloer met een massa van minimaal 200 kg/m² (bij collectief systeem tenminste 400 kg/m²);
 - Kies de plek van de unit zorgvuldig, bij voorkeur in een afgesloten ruimte (dus niet op overloop of nabij trapgat);
 - Voorkom overspraak via de doorvoer van kanalen tussen twee (geluidgevoelige) vertrekken, dicht de naden om de kanalen goed af.
- Regelmatig onderhoud (door bewoners) van de filters noodzakelijk;
- Door de WTW eerder kans op te warme slaapkamers (dan bij de andere ventilatiesystemen);
- Energieverbruik voor de ventilatoren (gebruik altijd gelijkstroomventilatoren ter beperking van het energieverbruik);
- De aanleg van een goed werkend systeem vraagt extra kennis en aandacht van de installateur, aannemer en architect;
- Zeer goede luchtdichtheid van de woningschil noodzakelijk: klasse 2 uit NEN 2687 [101] en klasse 3 bij passiefhuizen (zie ook paragraaf 5.1);
- Minder flexibiliteit in de ruimtelijke indeling bij wijzigingen i.v.m. het kanalenstelsel;
- Goede voorlichting bewoners maakt slaagkans gebruik van het ventilatiesysteem groter. Hierdoor zullen er geen stekkers uitgetrokken worden.

Varianten

Er zijn enkele varianten van gebalanceerde ventilatie mogelijk:

- Vraaggestuurde regeling: sturing op luchtkwaliteit (bijv. CO₂-gehalte of luchtvochtigheid) of tijdsturing via de centrale ventilatie-unit. Met dergelijke regelingen wordt een optimale ventilatie bereikt, afgestemd op de vraag, zie verder paragraaf 6.10;
- Centraal gebalanceerd systeem met WTW waarbij de toevoerlucht (na opwarming in de WTW-unit) op de overloop of in de centrale hal wordt ingeblazen (afbeelding 6.19). De verse lucht wordt vervolgens verspreid over de diverse ruimten, al naar gelang de behoefte en daar afgezogen (dus per ruimte). De ventilatiebehoefte wordt bepaald door meting van de luchtkwaliteit in de afvoerlucht. Er is een systeem op de markt (met gelijkwaardigheids-verklaring voor het Bouwbesluit) waarbij deze metingen centraal (in een luchtverdeeltank) plaatsvinden, maar wel per ruimte: de afvoerlucht van elke ruimte wordt om de beurt gemeten.
Voordelen (t.o.v. 'normale' gebalanceerde ventilatie met WTW):

- Er zijn geen toevoerkanalen naar de diverse ruimten, de lucht kan dus niet vervuild raken door vervuilde kanalen; wél wordt de verse toevoerlucht al gemengd met binnenlucht voordat het aan de diverse ruimten is toegevoerd wat volgens het Bouwbesluit niet mag (50% van de toevoerlucht moet direct van buiten komen); Daarom is genoemde gelijkwaardigheids-verklaring noodzakelijk;
- Energiezuinig;
- Minder kans op tocht;
- Geen regelbare afzuigventielen nodig (kunnen dus niet ontregeld worden).



Afb. 6.19 Een variant op het standaard ventilatiesysteem D in een woningconcept met een zeer laag energieverbruik door o.a. een warmtepompsysteem met bodemwarmtewisselaar, PV-panelen en het vraaggestuurde ventilatiesysteem. De toevoerlucht wordt na opwarming in de WTW-unit op de overloop of in de centrale hal ingeblazen. De verse lucht wordt vervolgens verspreid over de diverse ruimten, al naar gelang de behoefte per ruimte, en daar afgezogen (Bron: Itho Daalderop)

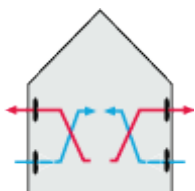
- Decentraal systeem voor (lokale) gebalanceerde ventilatie met WTW: één of meer ruimten is voorzien van een gevel-ventilatie-unit met WTW; de overige ruimten worden voorzien van gevelroosters voor de toevoerlucht. Er is een apart mechanisch afvoersysteem nodig voor keuken, badkamer(s) en wc('s). De ventilatie-unit met WTW is verkrijgbaar als zelfstandige unit en gecombineerd met een radiator.

Voordelen (t.o.v. 'normale' gebalanceerde ventilatie met WTW):

- Geen kanalenstelsel voor de toe- en afvoerlucht nodig (wel voor de mechanische afzuiging elders);
- Inzichtelijk systeem voor bewoners;
- Geen overstroomvoorziening nodig tussen de ruimten met gebalanceerde ventilatie en de rest van de woning; dus minder kans op overspraak.

Nadelen (t.o.v. 'normale' gebalanceerde ventilatie met WTW):

- Energieverbruik van extra ventilatoren;
- Meer kans op geluidhinder van de ventilatie-unit omdat deze in de ruimte zelf aangebracht is.



Afb. 6.20 Principe decentrale gebalanceerde ventilatie met WTW

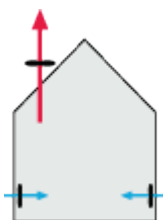
- Systeem met decentrale toevoer en centrale afvoer. De ventilatoren worden onderling gelijktijdig aangestuurd waardoor er gebalanceerde ventilatie mogelijk is. De toevoer kan plaatsvinden in aparte gevel-units, maar ook gecombineerd zijn met een radiator of convector. Er is geen voorverwarming van de toevoerlucht door WTW.

Voordelen (t.o.v. 'normale' gebalanceerde ventilatie met WTW):

- Geen kanalenstelsel voor de toevoerlucht nodig;
- 'Koelere' slaapkamers (er is geen WTW).

Nadelen (t.o.v. 'normale' gebalanceerde ventilatie met WTW):

- Energieverbruik van extra ventilatoren;
- Geen WTW; wel is de warmte te gebruiken voor een warmtepompboiler;
- Meer kans op geluidhinder van de ventilatie-unit omdat deze in de ruimte zelf aangebracht is.



Afb. 6.21

Principe gebalanceerde ventilatie met decentrale toevoer en centrale afvoer

Aanbevelingen/aandachtspunten systeem D

- Pas bij voorkeur geen motorloze afzuigkap in de keuken toe; zo'n kap heeft weinig extra effect;
- Aan te raden is een losse mechanische afzuigkap, waarbij de lucht direct naar buiten wordt afgevoerd; zo'n kap heeft een veel betere werking door een veel grotere capaciteit en zorgt er voor dat de betreffende luchtkanalen en de centrale ventilatie-unit minder vervuilen. Tijdens het gebruik van deze afzuigkap moet er wel extra buitenlucht toegevoerd worden, informeer bewoners hierover;
- Zorg voor een eenvoudig verloop en een zo kort mogelijk stelsel van de kanalen. Hoe minder weerstand, des te lager het energieverbruik en de geluidproductie (zie paragraaf 6.2);
- Leg de maximale toelaatbare luchtsnelheid in de kanalen en geluidproductie van het ventilatiesysteem vast in het technisch ontwerp (het bestek) (zie paragraaf 6.2);
- Neem het maximaal te installeren vermogen van de ventilatoren per woning op in het technisch ontwerp, zeker bij collectieve installaties;
- Zie voor de plaats van de dakafvoer NEN 1087 [133] en NPR 1088 [154];
- Breng zowel in de keuken als in of nabij de badkamer een schakelaar voor de ventilatie aan; voorzie die van de badkamer met een 'timer'. Hiermee kan de ventilatie door bewoners voor een bepaalde periode in de hoge stand worden gezet waarna de ventilatie automatisch terugkeert in de oude stand;
- Plaats afzuigroosters ten minste 50 mm vanaf de hoek tussen wand(en) of plafond [141]. Dit voorkomt vervuiling van langsstrijkende lucht en geeft de mogelijkheid meetapparatuur te plaatsen voor bijvoorbeeld het inregelen van de luchtdebieten;
- Gebruik bij instelbare afzuigventielen ventielen met borging zodat na reiniging (door bewoners) de instelling van de ventielen niet gewijzigd is;

- Wanneer er luchtverdeelkasten worden gebruikt, kunnen er niet-instelbare ventielen worden toegepast; zie de toelichting bij afbeelding 6.4;
- Denk aan de aansluiting voor de condensatafvoer op het riool;
- In moderne WTW-units is een meestal automatische 'bypass' opgenomen om de aanvoer van lucht met een te hoge temperatuur (in de zomer) te voorkomen. Deze bypass leidt de toevoerlucht (deels) om de warmtewisselaar heen op momenten dat het gebruik ervan geen energievoordeel oplevert en zelfs tot temperatuuroverschrijding kan leiden, met name in de zomer, maar ook in voor- en najaar. Kies een WTW-unit met '100%-bypass' zodat bij een geopende bypassklep het koelend effect maximaal is. In zo'n WTW-unit is namelijk een tweede klep (soms aangeduid met 'faceklep') aangebracht die bij de stand 'bypass open' de warmtewisselaar afsluit zodat alle lucht via de bypass gaat. In de energieprestatieberekening kan een (gedeeltelijke) bypass ingevoerd worden.
Informeer bewoners dat het koelend effect van zo'n bypass niet te vergelijken is met dat van een 'airco' om te hoge verwachtingen te voorkomen.
- Plaats CO₂-sensoren in zowel de woonkamer als de slaapkamers ten behoeve van een goede luchtkwaliteit;
- Let vooral op een zorgvuldige uitvoering van:
 - De aansluiting van de elektrische regeling;
 - De inregeling van de luchthoeveelheden; een rapportage bij oplevering is sterk aan te raden (bijv. via Ventilatie-Prestatiekeuring (VPK) volgens de [BRL 8010](#) [151]);
- Zorg voor een duidelijke instructie voor de bewoners: mondeling en schriftelijk, bijvoorbeeld in een bewonershandboek en in stickervorm (bij de bedieningsknop en op de ventilatie-eenheid). Vooral het schoonmaken en vervangen van de filters in de WTW-unit verdient alle aandacht (zie ook paragraaf 6.1.2): volg de instructies van de leverancier.

Aandachtspunten toevoerventielen

Een zorgvuldige keuze van het type en de plaats van de ventielen is van belang voor het comfort en de effectiviteit. Let op de volgende punten:

- Kies ventielen met een instelpunt dat geborgd kan worden om ontregeling door bewoners te voorkomen. De ventielen moeten wel demontabel zijn i.v.m. schoonmaken. Er zijn luchtverdeelkasten (afbeelding 6.4) verkrijgbaar waarbij het inregelen niet bij de ventielen, maar in die kasten plaatsvindt; daarbij horen niet-inregelbare ventielen;
- Kies de juiste inblaasventielen; er zijn vele soorten verkrijgbaar met specifieke eigenschappen;
- Let op het verschil tussen inducerende en niet- of zwak-inducerende toevoerventielen. Inducerend wil zeggen dat de toevoerlucht snel gemengd wordt met de aanwezige lucht. Hierdoor kan de toevoerlucht met een lagere temperatuur worden ingeblazen (met name van belang bij toevoer in de zomer via bypass). Inducerende ventielen geven wel sneller aanleiding tot vervuiling;
- De onderlinge afstand moet ten minste 1 meter bedragen;
- De inblaasventielen moeten aan de gevel of indien kernzijdig wordt ingeblazen in de loopzones geplaatst worden;
- De afstand tussen inblaas- en afzuigventielen moet (i.v.m. kortsluiting) ten minste 2 meter bedragen;
- I.v.m. vervuiling moeten inblaasventielen ten minste 0,30 meter uit de wand (bij plafondventielen) of uit het plafond (bij wandventielen) worden geplaatst.

Gestapelde bouw

Bij gestapelde bouw zijn er de volgende mogelijkheden:

- Individueel systeem per woning, zie hierboven; praktisch gezien alleen mogelijk bij gestapelde bouw tot zo'n 4 à 5 bouwlagen; bij meer lagen nemen de toe- en afvoerkanalen erg veel ruimte in beslag;
- Collectief systeem. Diverse varianten zijn mogelijk. Eén van de mogelijkheden is een individuele ventilatie-unit (met WTW) met toe- en afvoerventilator. De toevoer vindt plaats via de gevel en de afvoer via een collectief kanaal met een extra dakventilator. Isoleer het collectieve kanaal met

dampdichte isolatie om condens aan de buitenzijde te voorkomen. Isoleer ook de kap op het ventilatiekanaal.

6.7 Hybride ventilatie

De meest recente ontwikkelingen op het gebied van energiezuinige ventilatiesystemen laten allerlei mengvormen zien waarbij het traditionele onderscheid tussen de vier systemen A, B, C en D vervaagt.

Een voorbeeld hiervan is 'hybride' ventilatie waarbij natuurlijke ventilatie (systeem A) gecombineerd wordt met één van de vormen van mechanische ventilatie. De werking berust op het principe 'natuurlijk als het kan / mechanisch als het moet': Pas wanneer de 'natuurlijke krachten' (wind en temperatuur) het bij systeem A laten afweten om een bepaalde ventilatiecapaciteit te bewerkstelligen, treedt mechanische ondersteuning in werking. Doordat de mechanische ondersteuning slechts een deel van de tijd aan hoeft, is het elektriciteitsverbruik relatief beperkt. Er kan echter geen warmteterugwinning plaatsvinden ten behoeve van de toevoerlucht. Ten opzichte van gebalanceerde ventilatie met WTW neemt het energiegebruik iets toe.

In het Europese onderzoeksproject ReshyVent [144] is in een demonstratiewoning een voorbeeld van een hybride systeem uitgetest. De toevoer van ventilatielucht vindt in deze woning plaats via elektronische, zelfregelende roosters die gekoppeld zijn aan een centrale regel-unit. Elke ruimte is voorzien van een CO₂-sensor. Zodra de CO₂-concentratie een bepaalde waarde overschrijdt, wordt het toevoerrooster (verder) geopend. Gelijktijdig zal de regel-unit nagaan of de natuurlijke afvoer voldoende is. Is dat niet het geval, dan zal eerst de natuurlijke afvoer vergroot worden door de motorgestuurde klep in de afvoerunit verder open te zetten. Is dat niet voldoende, dan wordt de afvoerventilator in dezelfde unit ingeschakeld. Bijzonder is dat bij stilstand van de ventilator toch (langs de ventilator) een natuurlijke afvoer mogelijk is die vergelijkbaar is met die van een normaal natuurlijk systeem.

Belangrijk is de lage luchtweerstand van het luchtafvoersysteem: dus van de afzuigventielen, van het kanalenstelsel en van de dakdoorvoer met kap; de ventielen (afbeelding 6.22) en de kap zijn speciaal hiervoor ontwikkeld. De luchtkanalen hebben een diameter van 180 mm. Het uitgeteste systeem was op de markt verkrijgbaar [145], maar is dat inmiddels niet meer.

Er zijn ook eenvoudiger systemen mogelijk dan het hierboven beschreven systeem.



Afb. 6.22 Voor hybride systemen zijn speciale producten ontwikkeld zoals een lagedruk afzuigventiel (links) en een lagedruk dakdoorvoer met kap (rechts). (Bron: voorheen Alusta (links) en Ubbink (rechts))

Een ander voorbeeld van hybride ventilatiesystemen zijn systemen waarbij in bepaalde ruimten een decentraal ventilatiesysteem wordt aangebracht (bijvoorbeeld in de leefruimten) en waarbij de rest van de woning door middel van een ander ventilatiesysteem (vaak een C-systeem) geventileerd wordt. In de

NTA 8800 hoofdstuk 11 zijn deze combinaties van ventilatiesystemen in de categorie E-systemen ondergebracht.

6.8 Zomernacht- en grondbuiskoeling (passieve koeling)

Zomernachtkoeling

Om te hoge binnentemperaturen in de zomer te voorkomen is zomernachtkoeling gewenst. De verwachting is dat het probleem van te hoge binnentemperaturen in de nabije toekomst zal toenemen. Dit als gevolg van de toename van het isolatieniveau van woningen en door klimaatveranderingen. Diverse fabrikanten van o.a. ventilatieroosters spelen in op deze ontwikkelingen en komen met specifieke producten voor zomernachtkoeling op de markt.

In de NTA 8800 hoofdstuk 11 is het mogelijk om zomernachtvoorzieningen in de berekening van de energieprestatie mee te nemen. Door zomernachtventilatievoorzieningen in een woning aan te brengen wordt de kans verkleind dat bewoners, na oplevering van de woning, alsnog een actieve koelinstallatie aanschaffen (met een bijbehorend aanzienlijk energiegebruik).

De koeling ontstaat door het (natuurlijk) ventileren met relatief koele buitenlucht met een ventilatievoud van minimaal 4x per uur; dit is dus veel hoger dan de maximale ventilatie-eisen uit het Bouwbesluit van maximaal zo'n 1x per uur. De normale ventilatievoorzieningen zijn dus bij lange na niet voldoende. In principe zijn de spuivoorzieningen (openstaande deuren, ramen en luiken) dat wel, maar die zijn (zeer) inbraakgevoelig. De koeling zal vooral 's nachts effectief zijn. Maar ook 's ochtends, wanneer de buitenlucht nog koeler is dan binnen, is de koeling te gebruiken.

De voorzieningen voor zomernachtkoeling bestaan uit te openen delen in gevels en eventueel het dak. Ze moeten inbraak- en regeninslagvrij zijn en voorzien van warmte-isolatie (afbeelding 6.23). Ze moeten dwarsventilatie en thermische trek ('schoorsteenwerking') mogelijk maken en moeten daarom bij voorkeur op verschillende verdiepingen en in tegenover elkaar liggende gevels en/of dak zijn aangebracht. Binnen de woning moeten voldoende overstroomvoorzieningen zijn, bijvoorbeeld openstaande binnendeuren of roosters. De voorzieningen moeten op een zodanige plek worden aangebracht dat bewoners tijdens het slapen geen hinder ondervinden van tocht.

De benodigde afmetingen van de voorzieningen zijn aanzienlijk en daarmee moet bij het (gevel)ontwerp nadrukkelijk rekening worden gehouden. In [63] staat een rekenvoorbeeld uitgewerkt voor een woonkamer van 40 m². Wanneer gebruik wordt gemaakt van thermische trek is een voorziening in de gevel en het dak nodig van elk circa 0,60 m² (bijv. 0,3 x 2,0 meter). Hierbij is rekening gehouden met 50% doorlaat van de voorziening als gevolg van bijv. een rooster.



Afb. 6.23 Voorbeeld van een voorziening voor zomernachtkoeling in een woning te Zeist. In de gevel van de woonkamer zijn 2 inbraakvrije ventilatieroosters ($2 \times 0,25 \times 2 \text{ m} = 1 \text{ m}^2$) met een isolatieluik aangebracht; een dakraam zorgt voor een goede natuurlijke trek. (Betrokken partijen: Architect ii studio, realisatie Ettehoven Aannemer & interieurbouwer, advies BOOM-SI; realisatie 2009. Foto's: Joost Ettehoven)

Grondbuiskoeling (en voorverwarming)

Koeling (en voorverwarming) via een grondbuis of grond-luchtcollector is in ons land een vrij onbekend systeem. Wel zijn er specifieke producten voor verkrijgbaar en is het systeem in een aantal woningen toegepast [146] en [147]. Berekeningen, voorlopige metingen en meetresultaten uit het buitenland laten gunstige resultaten zien.

Het systeem werkt eenvoudig: Verse toevoerlucht wordt via een buis, die 1 à 1,5 meter is ingegraven, aangezogen en 's zomers in de woning gebruikt als koele ventilatielucht. Uit berekeningen van een demonstratieproject in Nijeveen [146] blijkt dat de temperatuur uit de grondbuis wel 10°C koeler kan zijn dan de maximale buitenluchttemperatuur op een warme dag. In dat project heeft de buis een lengte van 20 meter en is gekoppeld aan een gebalanceerd ventilatiesysteem. 's Winters verwarmt de grondbuis juist de verse toevoerlucht. Grondbuiskoeling (en voorverwarming) kan bij alle ventilatiesystemen (A, B, C en D) worden toegepast. Bij B en D, met centrale luchttoevoer, is het voordeel dat de koele lucht via het al aanwezige kanalenstelsel door de woning mechanisch verspreid kan worden.

Enige praktische aandachtspunten:

- Kies een goede plek voor de luchttoevoeropening buiten (koele plek, schone lucht);
- Voorzie de grondbuis van een condensatafvoer en de toevoeropening van een groffilter;
- Maak het systeem zó dat het schoon te maken is en maak de luchtweerstand zo klein mogelijk;
- Overweeg het toepassen van een thermostatische regeling zodat de toevoer via de grondbuis 's nachts stil gezet kan worden wanneer de koelte niet nodig is; de grondbuis met omliggende bodem kan dan regenereren.

6.9 Bediening en regelingen

De volgende bediening en regelingen worden toegepast:

Handmatige bediening toevoer(roosters)

De toevoer via natuurlijke ventilatie(roosters) vindt handmatig plaats. Naast de nulstand (0%) en de geheel open stand (100%), moeten de toevoeropeningen regelbaar zijn in het gebied van 0% tot 30% (zie Bouwbesluit 2012 art. 3.31) van de vereiste capaciteit. Binnen die 0 tot 30% moeten er tenminste 3 standen zijn waarvan de laagste maximaal 10% van de capaciteit moet zijn. Een bediening met de standen 10%, 20% en 30% voldoet dus. Een traploze bediening voldoet natuurlijk ook. Aanbevolen wordt om de toevoer op maximaal 1,5 m boven de vloer bedienbaar te laten zijn. De toegevoerde luchtstroom mag in de leefzone een snelheid hebben van max. 0,2 m/s volgens NEN 1087, zie verder paragraaf 6.2.3.

Meerstandenschakelaar

De moderne meerstandenschakelaar heeft tenminste drie ventilatiestanden: hoog, midden en laag. Deze schakelaar is gebruikelijk voor centrale mechanische toe- en/of afvoersystemen en wordt standaard in de keuken aangebracht. Het is aan te bevelen om ook bij de badkamer een schakelaar (met timer) aan te brengen:

- Verhoging comfort door verbetering van de ventilatie; de hoge stand zal vaker gebruikt worden dan zonder extra schakelaar;
- Voorkomt onnodig gebruik van de hoge stand.

Er zijn ook schakelaars met vier standen verkrijgbaar waarbij de vierde stand bijvoorbeeld is bedoeld voor zeer geringe ventilatie bij langdurige afwezigheid (bijv. bij vakantie).

Verkrijgbaar zijn meerstandenschakelaars met een ledje dat aangeeft wanneer de filters van een WTW-unit gereinigd of vervangen moeten worden; dergelijke schakelaars zijn sterk aan te raden. Duidelijk informatie over de betekenis van zo'n ledje is wel vereist. Heldere iconen zouden hierbij van nut kunnen zijn.

Vraaggestuurde regelingen

Bij een vraaggestuurde regeling is de ventilatie afhankelijk van de daadwerkelijke behoefte aan ventilatie op een bepaald moment. Meestal gebeurt dat met behulp van CO₂-sensoren. De kwaliteit van de binnenlucht wordt gerelateerd aan de concentratie CO₂. Dit gas wordt als maatstaf genomen omdat het in vergelijking met andere stoffen in de binnenlucht gemakkelijk te meten is. Zodra de concentratie te hoog dreigt te worden, wordt de ventilatie opgevoerd. Het toepassen van een vraaggestuurde regeling heeft een gunstig effect op de energieprestatieberekening.

Uit onderzoek [127] blijkt dat de plek van de sensoren erg bepalend is voor het effect op de ventilatie per vertrek: de sensoren hebben namelijk vooral effect wanneer ze de lucht in of van een bepaald vertrek meten en invloed hebben op de daadwerkelijke ventilatie van dat vertrek, bijvoorbeeld door het aansturen van een klep in de mechanische afvoer van dat vertrek. Alleen een sensor voor het meten van de luchtkwaliteit van de afvoerlucht bij de ventilatie-unit heeft meestal weinig effect.

Er zijn allerlei regelsystemen verkrijgbaar zoals voor ventilatiesysteem C waarbij de toevoer plaats vindt via elektronische, zelfregelende roosters (boven ramen) die gekoppeld zijn aan een centrale regel-unit. Elke ruimte is voorzien van een CO₂-sensor. Zodra de CO₂-concentratie in een bepaalde ruimte een bepaalde waarde overschrijdt, wordt het toevoerrooster in die ruimte (verder) geopend. Gelijktijdig zal de regel-unit nagaan of de centrale afvoer voldoende is. Is dat niet het geval, dan gaat de afvoerventilator in een hogere stand. Daalt de concentratie, dan gaat het toevoerrooster weer minder ver open en de afvoerventilator in een lagere stand.

Voor gebalanceerde ventilatie (systeem D) is bijvoorbeeld een regelsysteem verkrijgbaar waarbij de woon- en slaapzone elk voorzien zijn van een CO₂-sensor. Hierdoor kan bijv. 's nachts de ventilatie in de woonkamer tot een minimum beperkt worden terwijl in de slaapzone de ventilatie juist wordt verhoogd zodat de totale ventilatiehoeveelheid hetzelfde blijft.

Een systeem met CO₂-meting kan gecombineerd worden met RV-sensoren in de badkamer en keuken. Deze sensoren meten de relatieve vochtigheid (RV). Zo'n gecombineerd systeem levert de beste luchtkwaliteit en de meeste energiebesparing op in vergelijking met de andere regelingen.

Alle systemen zijn met de hand tijdelijk bij te sturen. Verder blijft er altijd een minimale hoeveelheid ventilatie in stand, ook als er geen vraag is via de sensoren.

Tijdsturing

Bij een tijdgestuurde ventilatie wordt via een centrale regel-unit per vertrek een vooraf ingestelde hoeveelheid ventilatie toe- en/of afgevoerd. De ventilatie is gebaseerd op een verwachte aanwezigheid van één of meerdere personen in dat vertrek gedurende een bepaalde periode. Verder wordt er altijd een minimale hoeveelheid geventileerd. Het ventilatiesysteem is altijd met de hand tijdelijk bij te sturen.

Sturing op afstand

Sturing van een centrale regel-unit op afstand via pc, tablet of smartphone behoort soms tot de mogelijkheden.

Aandachtspunten

- Vergeet niet om overstroomvoorzieningen aan te leggen die bijv. bij centrale afzuiging via hal en sanitaire ruimten nodig zijn: spleten onder deuren en/of roosters in binnendeuren of binnenwanden (paragraaf 6.2.2). De overstroomvoorzieningen behoeven niet regelbaar te zijn. Informeer bewoners over de aanwezigheid en de noodzaak van deze openingen;
- Bij calamiteiten moeten ventilatiesystemen uitgezet kunnen worden, bijv. door een stekker van een ventilatie-unit uit het stopcontact te trekken of door de betreffende elektriciteitsgroep uit te schakelen. Bewoners (en beheerders) moeten hierover duidelijk geïnformeerd worden.