

Mechanische ventilatie - centraal

Kennisbank Bouwfysica

Auteurs: dr. Edward Prendergast (moBius consult), dr.ir. Peter van den Engel

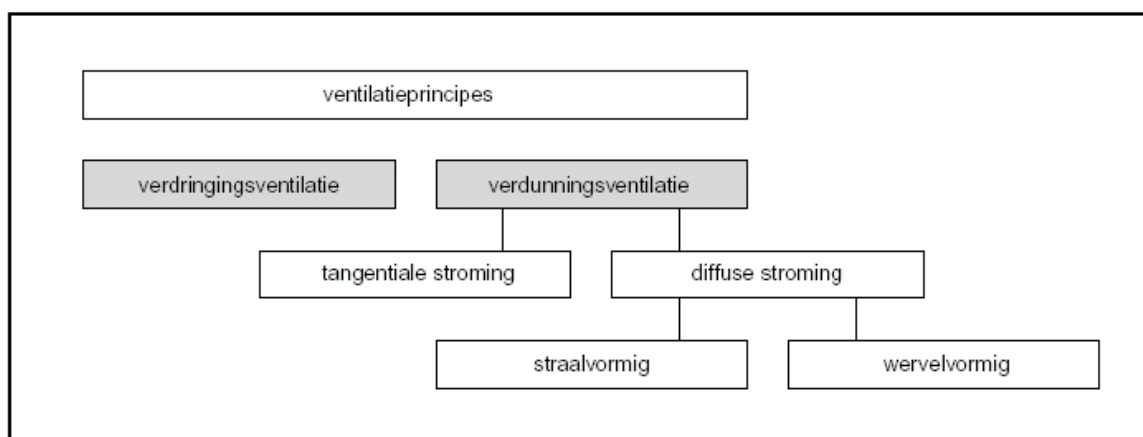
1 Algemeen

Bij centrale mechanische ventilatie wordt de lucht toe- en afgevoerd via een centraal geplaatste luchtbehandelingskast. In een groot gebouw kunnen meerdere van deze kasten zijn toegepast. Via een kanalenstelsel wordt de lucht in het gebouw verdeeld en naar de ruimtes gevoerd. In de ruimtes zijn voorzieningen voor toe- en afvoer aangebracht.

2 Ventilatieprincipes

Bij mechanische ventilatie zijn verschillende luchtstromingspatronen te onderscheiden. Het belangrijkste verschil bestaat tussen **verdringings**-ventilatie en **verdunnings**-ventilatie.

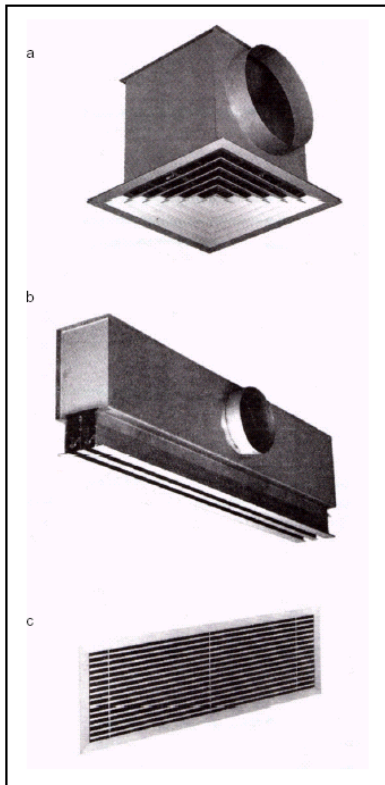
Bij verdunningsventilatie - de meest toegepaste ventilatievorm - wordt lucht met een relatief hoge snelheid ($>2,0$ m/s) toegevoerd. De turbulente toevoerstroam brengt de ruimtelucht in beweging en mengt zich daarmee waardoor relatief geringe temperatuur- en concentratieverschillen ontstaan. Voor verblijfsruimten geldt bij dit type ventilatie als vuistregel dat het ventilatievoud tussen 2 en 10 moet liggen. Bij minder dan tweevoudige ventilatie is de ventilatie-efficiency van een ruimte alleen voldoende als toe- en afvoer voldoende ver uit elkaar zijn gesitueerd. Bij meer dan 10-voudige ventilatie is de kans op tocht heel hoog. Bij verdunnings- of mengventilatie is het stromingspatroon **tangentiaal** of **diffuus**. De diffuse luchtstroming kan **straal**- of **wervel**-vormig zijn (zie figuur 1).



figuur 1 schema ventilatieprincipes

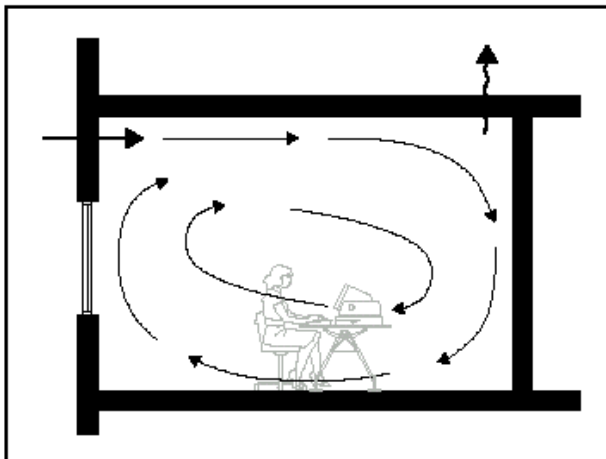
Tangentiale stroming

Bij deze vorm van verdunningsventilatie past men schoepenroosters, lijnroosters of plafonduitlaten toe (zie figuur 2).



figuur 2 toevoerluchtroosters: a plafonduitlaat (anemostaat), b. lijnrooster, c. schoepenrooster

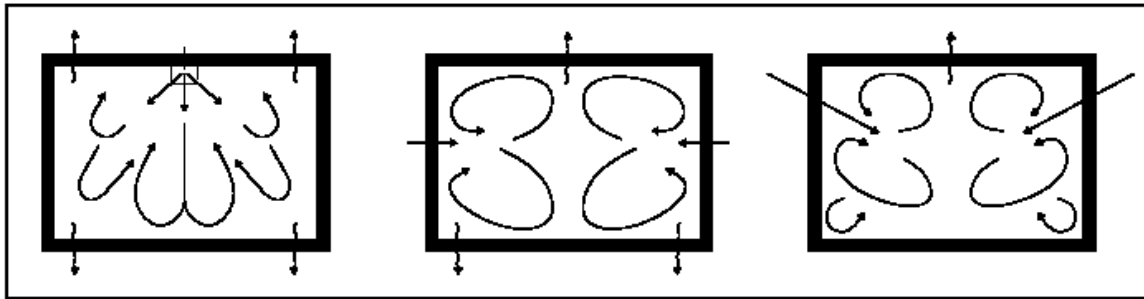
De toevoersnelheid is gemiddeld 2,5 m/s. Door de wijze van toevoer ontstaan walsvormige wervels met de hoogste lichtsnelheden langs plafond en wanden (zie figuur 3) en een lage snelheid ($<0,15$ m/s) in de leefzone. Om de lucht langs het plafond en de wanden te laten stromen wordt gebruik gemaakt van het "Coanda-effect". Dit effect beïnvloedt tevens de "worp" van het toevoerrooster. Beide begrippen worden verderop in het hoofdstuk verder uitgelegd.



figuur 3 tangentielle stroming met walsvormige luchtwervels

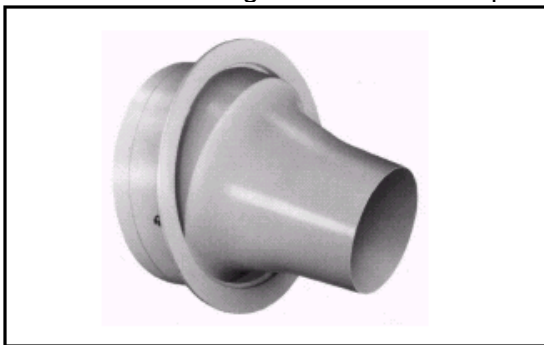
Diffuse stroming

Bij diffuse stroming is de luchttoevoerstroom op de ruimte gericht, zonder gebruik van het "Coanda-effect" (figuur 4).



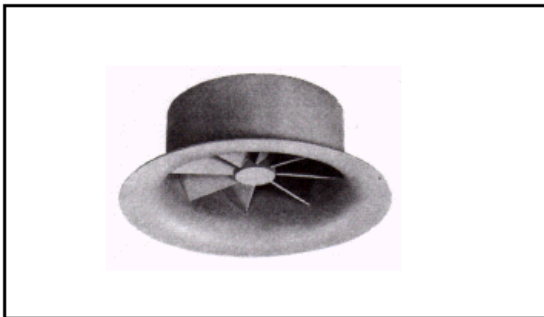
figuur 4 diffuse stroming

Voor voldoende luchtmenging en doorstroming van de ruimte past men bij hoge ruimten vaak "nozzles" toe (figuur 5). Dit zijn straalpijpvormige ornamenten waarmee lucht met een snelheid van 4 - 10 m/s wordt toegevoerd en een worp van 5 - 30 m wordt bereikt.



figuur 5 Nozzle of (inblaas)jet

Bij minder hoge ruimten past men dikwijls "wervelroosters" toe (figuur 6). Deze roosters geven de lucht in aanvang een axiale bewegingscomponent waardoor sneller menging ontstaat. Wervelroosters hebben een toevoersnelheid van 1,5 - 2,5 m/s en een worp van 2,5 - 5 m.



figuur 6 wervelrooster

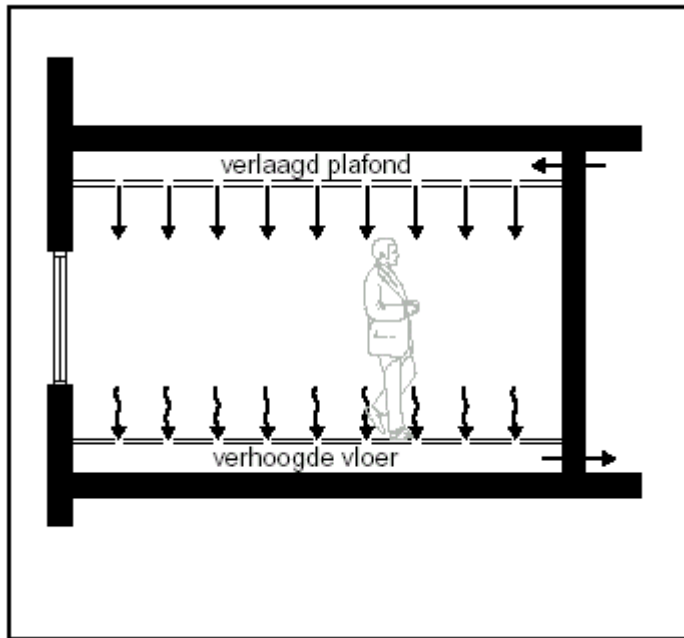
Bij diffuse stromingen is er op dit moment een nieuwe ontwikkeling. Dit is een drukgeregeld variabel volumesysteem dat door middel van een gepatenteerde laag frequente debietregeling voor een ideale menging zorgt, het Baopt-systeem. Hiermee kan het aantal inblaasvoorzieningen sterk worden beperkt.

Zuivere verdringing ("laminar flow")

Bij verdringsventilatie wordt lucht met een lage snelheid ($<0,2$ m/s) zo toegevoerd dat de lucht in de ruimte wordt weggeduwd zonder dat noemenswaardige menging plaatsvindt. Door deze laminaire stroming kunnen in de ruimte grote temperatuur- en concentratieverschillen ontstaan. Dit verschijnsel is nuttig te gebruiken als de ruimte hoog is en warme vervuilde lucht zich boven in de

ruimte kan verzamelen. Door lucht hoog af te voeren blijven de temperatuurverschillen binnen de leefzone gering.

De meest zuivere vorm van verdringingsventilatie ontstaat als lucht gelijkmatig verdeeld via een geperforeerd plafond wordt toegevoerd en via een geperforeerde vloer wordt afgevoerd (figuur 7).



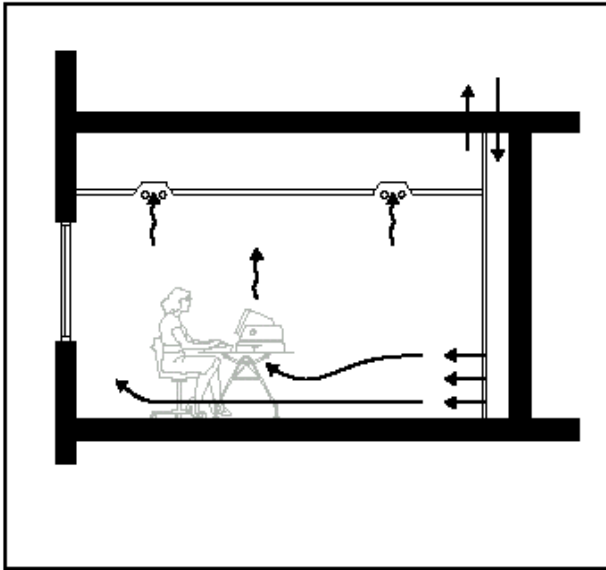
vorm)

figuur 7 verdringingsventilatie (zuivere

De lucht beweegt zich daarbij als een zuiger in een cilinder door de ruimte ("piston flow"). Met zuivere verdringing zijn ventilatievouden van 250 en meer haalbaar, zonder dat tocht ontstaat. Daarmee zijn dan ook zeer hoge koelvermogens te realiseren (800 W/m^2 bij een ruimtehoogte van 3,5 m). Verdringingsventilatie wordt vaak toegepast in thermisch zwaar belaste ruimten, zoals computerzalen, of als extreem hoge eisen aan de luchtreinheid worden gesteld, zoals bij fabricage van micro-elektronische componenten en operatiekamers in ziekenhuizen.

Onzuivere verdringing (kwelventilatie, thermisch gedreven stroming, stratificatie)

Bij onzuivere verdringing vindt luchttoevoer en -afvoer minder verspreid plaats dan bij zuivere verdringing. Een veel toegepaste vorm is kwelventilatie ("quelluftung"). Hierbij stroomt koele lucht vanuit grote roosters - met een geperforeerd oppervlak - turbulentarm en met een lage snelheid de ruimte in, waarna de lucht zich onder invloed van de zwaartekracht horizontaal over de vloer verspreidt (figuur 8).



figuur 8 onzuivere verdringing, stratificatie, kwelventilatie of thermisch gedreven ventilatie

Bij warmtebronnen (zoals door personen en apparatuur) ontstaat een stroming richting plafond, waar de lucht wordt afgevoerd. In de buurt van de roosters kunnen bij grote hoeveelheden toevoerlucht tochtklachten ontstaan. Dit kan worden voorkomen als de luchttoevoersnelheid onder de 0,25 m/s blijft en de toevoerluchttemperatuur niet lager dan 20 °C is. Bij dit systeem kan de temperatuurgradiënt in de ruimte minder comfortabel zijn dan bij andere systemen (koude voeten en een warm hoofd).

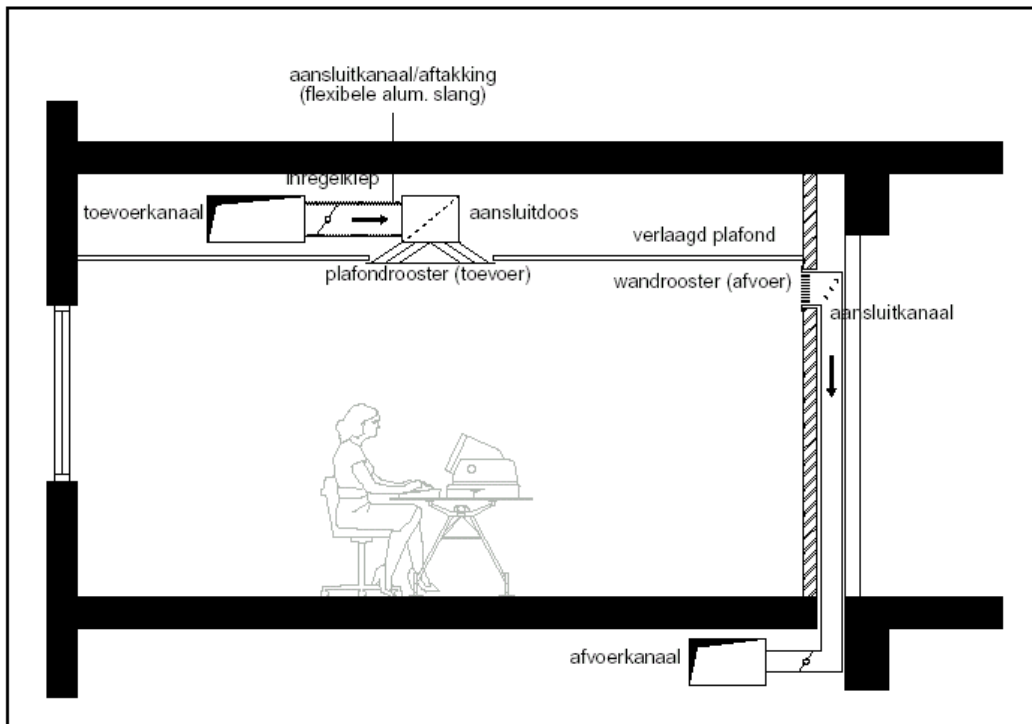
Voor turbulentarme luchttoevoer zijn ook slangen van textiel te gebruiken, deze worden meestal hoog in de ruimte aangebracht.

3 Toevoervoorzieningen

De keuze van het juiste toevoerrooster en de juiste plaats voor de toevoer, is een vraagstuk voor gespecialiseerde installatieontwerpers. Deze ontwerpen op basis van hun kennis en ervaring en de specificaties van de leveranciers. Bij complexe situaties, kan proefkameronderzoek of modellering gewenst zijn. Tegenwoordig worden meestal 3-dimensionale stromingsmodellen gebruikt (CFD = Computational Fluid Dynamics). Hiermee kan tijdens het ontwerp een inschatting gemaakt worden van de comfortrisico's die een bepaalde systeemkeuze heeft.

De benodigde afmetingen van de roosters voor luchttoevoer, zijn af te leiden uit de volumestroom en de luchtsnelheid in het rooster. Bij tangentielle stroming is de luchtsnelheid over de bruto oppervlakte van het rooster gemiddeld 2,5 m/s. Bij wervelroosters is de snelheid 1,5 - 2,5 m/s en bij nozzles 4 - 10 m/s.

Voor de aansluiting van roosters in verlaagde plafonds gebruikt men vaak rechthoekige aansluitdozen van verzinkte staalplaat en aluminium kanalen. Wandroosters worden meestal met een haaks verloopstuk en stevige ronde of rechthoekige kanalen op het verdeelkanaal aangesloten (figuur 9).



figuur 9 aansluiting van plafond- en wandroosters; vanwege brandveiligheids- en geluidseisen bevindt het toe- en afvoerkanaal zich doorgaans op dezelfde bouwlaag

De aansluitdozen en de verloopstukken moeten ervoor zorgen dat de lichtsnelheid - die in het aansluitkanaal nog 3 à 4 m/s is - naar de vereiste snelheid in het toevoerrooster wordt gebracht.

Plaats luchttoevoer en -afvoer

Om hinderlijke tocht te voorkomen moet bij tangentiële en diffuse stroming de lucht in het deel van de ruimte worden toegevoerd dat buiten de leefzone valt. De plaats van de afvoer is vaak minder kritisch omdat de invloed op de luchtstroming gering is. Ter illustratie: een kaars op 0,5 m afstand uitblazen kan, zuigen op die afstand heeft geen effect.

Toe- en afvoer dienen voldoende van elkaar gescheiden te zijn om kortsluiting van toevoerlucht te voorkomen. Kortsluiting wil zeggen dat de toevoerlucht onvoldoende wordt gemengd in de ruimte en direct via het afzuigrooster naar buiten gaat. Hoe lager het ventilatievoud van een ruimte, hoe relevanter dit aspect is.

Het laag afvoeren van lucht beperkt de temperatuurgradiënt en verbetert de doorstroming, maar kan tocht veroorzaken. Hoog afvoeren van lucht heeft (alleen in het koelseizoen) als voordeel dat warme lucht sneller wordt afgevoerd.

Worp

Een koude luchtstroom heeft door zijn gewicht de neiging om naar beneden af te buigen. Dit is niet bezwaarlijk als het toevoerpunt hoog zit en de "worp" ervoor zorgt dat de luchtstroom geen tocht in de leefzone veroorzaakt. Met "worp" wordt de afstand bedoeld tussen het toevoerpunt en het punt waar de snelheid van de luchtstroom is afgenomen tot de tochtgrens (ca. 0,15 m/s). Met "luchtstroom" wordt de toegevoerde lucht bedoeld, voor zover deze zich voortbeweegt met een snelheid van meer dan 0,15 m/s. De warp is een eigenschap van luchtroosters die door beproeving wordt vastgesteld. Leveranciers vermelden dit gegeven in hun documentatie.

Coanda-effect

De worp van een rooster is te verlengen door de luchtstroom vlak langs en evenwijdig aan een wand of plafond toe te voeren. Doordat onderdruk wordt gecreëerd, blijft de lucht aan dat vlak kleven. Dit zogenaamde "Coanda-effect" kan bij tangentiële stroming ervoor zorgen dat de luchtstroom om de leefzone wordt heengeleid. Obstakels, zoals opbouw-verlichtingsarmaturen, balken en verspringen in het plafond, kunnen het effect verstoren en de luchtstroom doen afbuigen waardoor in de leefzone alsnog tocht ontstaat.

4 Installatieruimtes

De centrale installaties moeten in zogenaamde "technische ruimten" worden ondergebracht. Deze ruimten zijn geschikt voor hun doel als ze:

- a. voldoende ruim en hoog zijn,
- b. eenvoudig toegankelijk zijn voor onderhouds- en bedieningspersoneel en voor aan- en afvoer van grote installatiedelen en apparaten,
- c. zo zijn in te richten dat er voldoende ruimte overblijft voor bediening, onderhoud en reparatie (denk aan uitwisselbaarheid en hanteerbaarheid van grote apparaten),
- d. zo in het gebouw zijn gesitueerd dat leidingen en kanalen - van en naar deze ruimten toe - eenvoudig zijn aan te brengen (zoals via schachten, verlaagde plafonds en kruipruimten) en goed bereikbaar blijven voor controle, onderhoud en reparatie,
- e. zo geïsoleerd zijn, dat geluid- en trillingshinder in gebouw en omgeving voldoende is beperkt,
- f. een voldoende hoge vloerbelasting kunnen verdragen ($> 4.000 \text{ N/m}^2$),
- g. voldoende kunnen worden geventileerd (bij calamiteiten op natuurlijke wijze),
- h. voldoen aan voorschriften en eisen betreffende brandveiligheid.

Bij elk gebouwontwerp moet in een vroeg stadium voldoende ruimte voor de installatieruimte worden gereserveerd. Als mechanische ventilatie wordt toegepast, is deze ruimte groter dan bij natuurlijke toevoer.

De situering van de ruimte is belangrijk. De reden hiervoor is, dat voor het transport van lucht veel ruimte nodig is. Het is daarom zinvol om de LBK zo centraal mogelijk te plaatsen. Daarmee wordt voorkomen dat de kanalen onnodig veel ruimte in beslag nemen. Om dezelfde reden is het zinvol om de aanzuig van buitenlucht zo dicht mogelijk bij de LBK te laten plaatsvinden. Hierbij is het gewenst om buitenlucht zo veel mogelijk aan de noordzijde van een gebouw aan te zuigen om te voorkomen dat in de zomer ongewenste opwarming plaatsvindt. De aanzuigroosters moeten voldoende groot zijn, zodat de luchtsnelheid maximaal 1,5 à 2,0 m/s is. Ook worden ze minimaal twee meter boven het maaiveld geplaatst om te voorkomen dat bladeren en zwerfvuil wordt aangezogen.

Bij het dimensioneren van de installatieruimte is afhankelijk van het vermogen van de installaties. De mate van de mogelijke verfijning hangt af van het ontwerpstadium. Bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp zal de dimensionering van de installatieruimte "indicatief" zijn. Bij het Voorlopig Ontwerp kan de afstemming worden verfijnd met een "globale" bepaling. Het is belangrijk om dit op het juiste moment met de juiste precisie te doen. Het overdimensioneren resulteert in onnodig hoge bouwkosten, het onderdimensioneren resulteert in te kleine, inefficiënt werkende installaties die meer energie gebruiken, te weinig capaciteit hebben en/of te veel geluid produceren. Voor alle ruimten geldt daarom, ze tijdens het ontwerp groter of hoger moeten zijn te maken, zonder dat dit tot ingrijpende wijziging van het gebouwontwerp leidt.

Overdimensionering is ook gewenst als een ventilatiesysteem wordt ontworpen gebaseerd op lage luchtsnelheden om energie te besparen. Hierbij is tevens integratie met natuurlijke ventilatie eenvoudiger. De extra kosten van dat systeem worden dan geaccepteerd.