

→ Architecten en beroepslieden uit de bouwsector

Fiche 2.1: ventilatie met dubbele stroom in individuele en collectieve woningen

Van ontwerp tot onderhoud



Voor meer informatie:
<http://www.leefmilieubrussel.be/voorbeeldgebouwen>

→ Architecten en beroepslieden uit de bouwsector



VENTILATIE MET DUBBELE STROOM IN INDIVIDUELE EN COLLECTIEVE WONINGEN

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING	3
WAAROM VENTILEREN?	3
BENADERING	4
1. KEUZE CVAN DE WARMTEWISSELAAR	4
2. KEUZE VAN HET NETILATIENET	6
3. KEUZE VAN DE VENTILATIEGROEP.....	8
4. KEUZE VAN DE REGLING VAN HET VENTILATIE SYSTEM	9
4.1. <i>Regeling in functie van de bezetting</i>	9
4.2. <i>Klimaatregeling</i>	10
5. PLAATS VAN DE VENTILATIEGROEP: GECENTRALISEERD OF GEDECENTRALISEERD.....	12
6. PLAATSING VAN DE LUCHTTOEVOER EN –AFVOER	17
7. DE WARMTEWISSELAAR OP DE AFGEVOERDE LUCHT COMBINEREN MET EEN AARDWARMTEWISSELAAR OF GEOTHERMLISCHE WISSELAAR	18
7.1. <i>De aardwarmtewisselaar</i>	18
7.2. <i>De geothermische wisselaar</i>	19
8. DE AKOESTISCHE PROBLEMEN VAN EEN MECHANISCHE VENTILATIE	20
8.1. <i>Aspecten van de bescherming tegen de overdracht van geluid</i>	20
8.2. <i>Cijferdoelstellingen</i>	21
9. DE KEUZE VAN DE FILTERS	22
10. SPECIFIEK BIJ RENOVATIE	23
ONDERHOUD VAN DE VENTILATIESYSTEMEN	25
1. ONDERHOUDSWERKEN.....	25
1.1. <i>Onderhoud door de gebruiker</i>	25
1.2. <i>Onderhoud door de installateur</i>	29
2. ANTICIPEREN OP HET ONDERHOUD VAN HET VENTILATIENET.....	31
3. ONDERHOUDSVERPLICHTING IN HET BRUSSELSE GEWEST.....	32
IMPACT OP DE EPB-EISEN EN DE PHPP-CODERING	33
1. IMPACT OP DE EPB-EISEN	33
2. IMPACT OP DE PHPP-CODERING	34
AANVULLENDE INFORMATIE	36

DOELPUBLIEK

Architecten en beroepslieden uit de bouwsector



INLEIDING

WAAROM VENTILEREN?

We brengen de meerderheid van onze tijd binnen door. De kwaliteit van de lucht is echter vaak slechter binnen de gebouwen dan daarbuiten. De redenen voor deze vaststelling zijn drievoudig: zowel de gebruikers als hun activiteiten zijn bronnen van water, CO₂ en andere vervuilers; het gebouw zelf, het meubilair enz. zijn eveneens bronnen van vervuiling; gesloten ruimten bevorderen de ophoping van vervuilende stoffen.

Een ventilatie met de juiste proporties volstaat om het merendeel van die stoffen af te voeren: koolstofdioxide (CO₂), waterdamp, diverse vervuilers afgegeven door afwerkingsmaterialen, onderhoudsproducten of schoonheidsproducten zoals vluchtige organische stoffen.

Voor een verdere verklaring van het belang van een goede hygiënische ventilatie, zie fiche ENE07, ENE23 en CSS07 van de "Praktische gids voor de duurzame bouw en renovatie"¹.

¹ Voir <http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/informer.aspx?id=2470&langtype=2060>

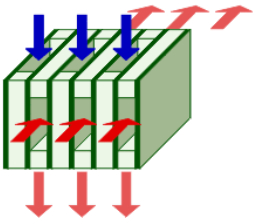
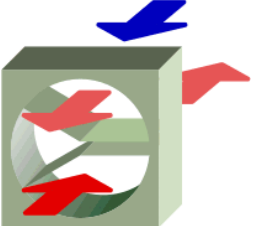


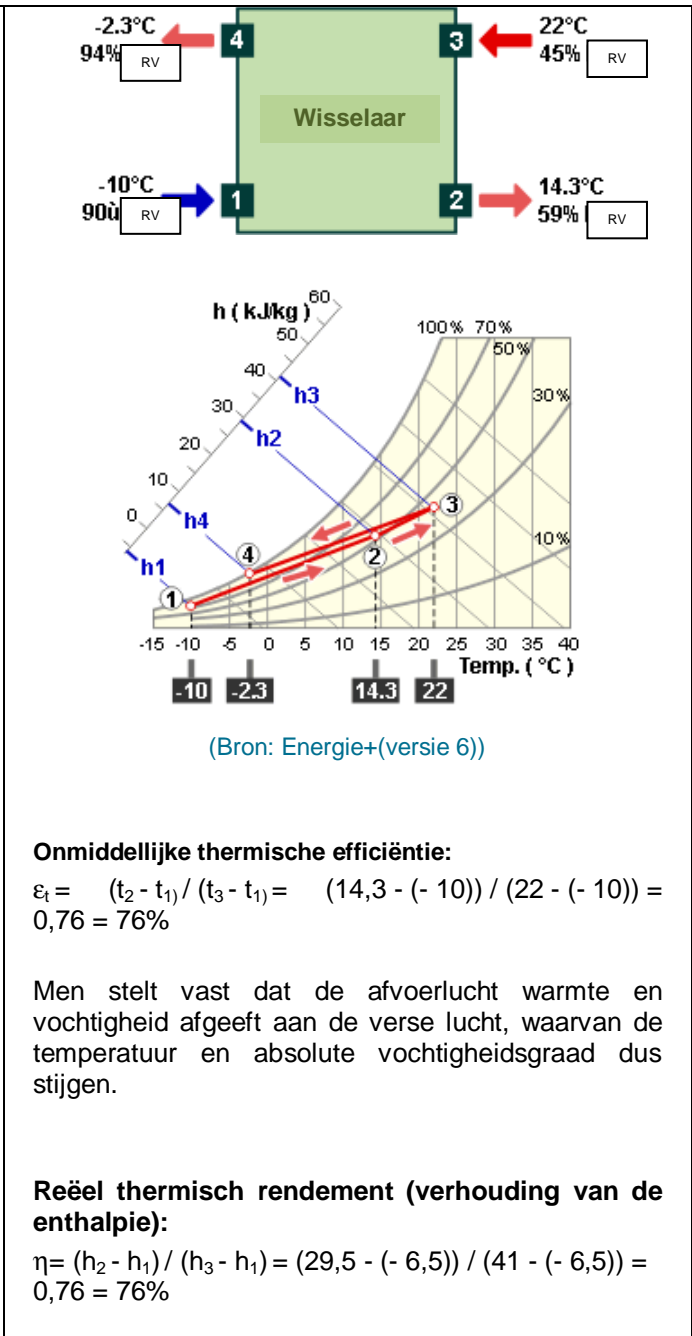
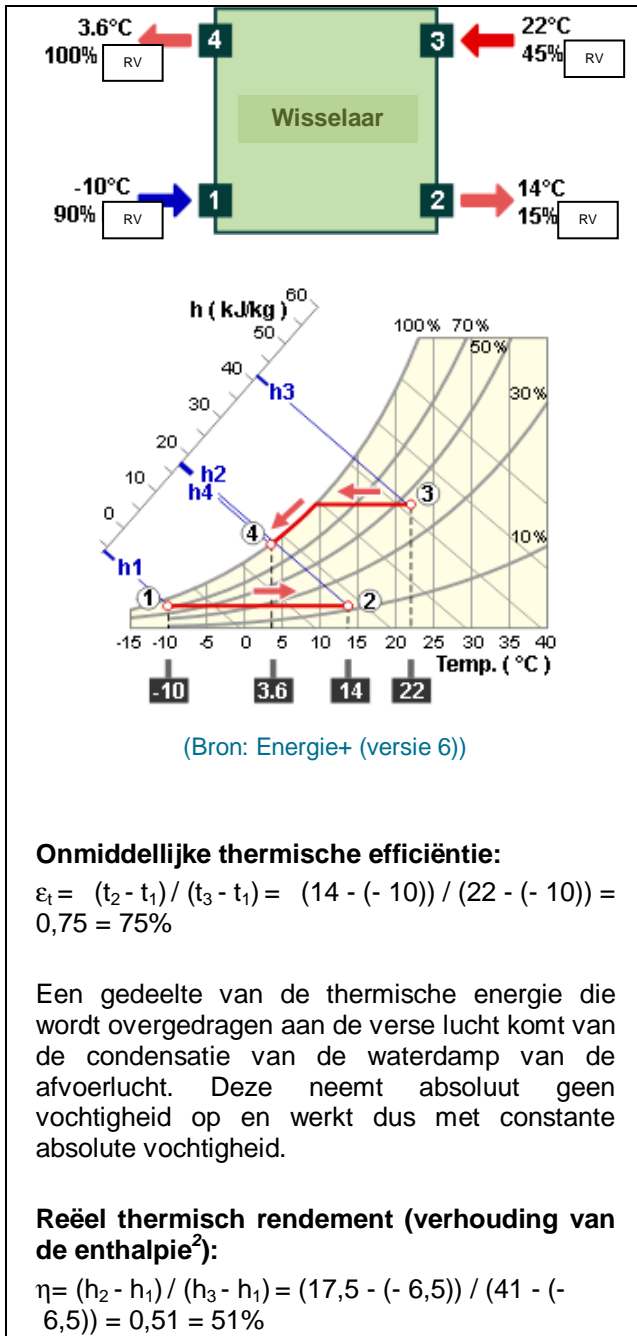
BENADERING

In de volgende paragrafen wordt gefocust op verschillende elementen die spelen in het ontwerp van systemen met dubbele stroom en warmterecuperatie. Die elementen zijn nuttig voor personen met een minimale basiskennis. Voor meer gedetailleerde uitleg over de technische concepten verwijzen we de lezer naar de site Energie+ (versie 6) : www.energieplus-lesite.be/.

1. KEUZE CVAN DE WARMTEWISSELAAR

Er bestaan diverse mogelijkheden om de warmte te recupereren uit de uitgangslucht van een gebouw.

Platenwarmtewisselaar	Roterende warmtewisselaar door accumulatie
 <p>(Bron: Energie+ (versie 6))</p>	 <p>(Bron: Energie+ (versie 6))</p> <p>Het algemene principe van de accumulatiwarmtewisselaars is om de warmte te recupereren uit de afgevoerde lucht door die lucht te laten passeren door een accumulatiemateriaal. Dit accumulatiemateriaal wordt vervolgens onderworpen aan de stroom verse lucht die de warmte onttrekt. Het accumulatiemateriaal kan gedrenkt zijn in een hygroscopisch product om de onttrekking van zowel voelbare warmte als vochtigheid mogelijk te maken.</p>
<p>Voordelen</p> <ul style="list-style-type: none"> Eenvoudig en betrouwbaar Weinig onderhoud vereist Weinig besmettingsrisico van de verse lucht bij een goede constructie <p>Nadelen</p> <ul style="list-style-type: none"> Gevaar voor ijskristallen bij een lage buitentemperatuur en door het overschrijden van het dauwpunt. De regeling moet zorgvuldig gebeuren als men wil rekening houden met de wisselaar voor het dimensioneren van de stookketels en radiators De wisselaar heeft een relatief hoog weerstandsverlies, vooral bij hoge debieten 	<p>Voordelen</p> <ul style="list-style-type: none"> Het accumulatiemateriaal, gedrenkt in een hygroscopisch product, maakt zowel de onttrekking van voelbare warmte als vochtigheid mogelijk Relatief laag weerstandsverlies in vergelijking met de efficiëntie Geen afvoer van condensaten Beperkte vervuiling en kristalvorming door de regelmatige inversie van de richting van de luchtstromen (toch blijft filtering noodzakelijk); Bij hogere debieten, weinig belemmering voor het wiel. <p>Nadelen</p> <ul style="list-style-type: none"> Besmetting van de verse lucht Energieverbruik voor de aandrijving van het wiel Het aandrijvingsysteem heeft onderhoud nodig



De warmtewisselaar met hygroscopisch wiel is eerder bestemd voor kantoren dan voor woningen:

- De besmetting van de verse lucht (zeer gering) kan nadelig zijn voor collectieve woningen.
- De recuperatie van vochtigheid is van minder belang voor woningen omdat er een hoge vochtigheidsproductie is (keuken, washok, douches, ...). De lucht is zelden zo droog dat het oncomfortabel wordt. Bovendien, in tegenstelling tot kantoren, waar het ARAB een relatieve vochtigheidsgraad van minstens 40% vereist, is er geen vereiste voor de relatieve luchtvochtigheid van woningen.

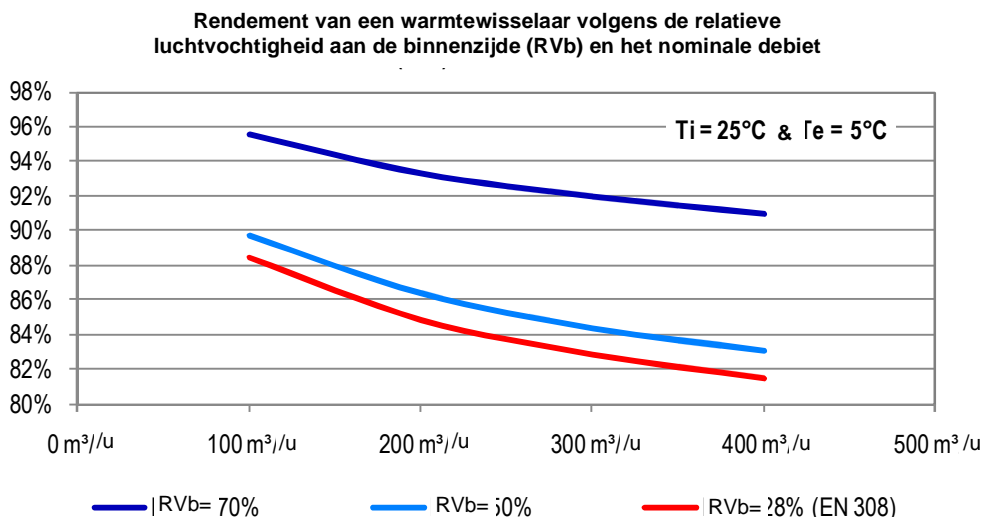
Rendement van een platenwarmtewisselaar

De fabrikanten van warmtewisselaars geven vaak een rendement op van meer dan 95%. Die rendementen variëren echter sterk in functie van de toegepaste hypothesen. Het rendement van een platenwarmtewisselaar is functie van:

² De specifieke enthalpie vertegenwoordigt de hoeveelheid warmte in de vochtige lucht waarvan de droge luchtmasse 1 kg weegt. Het is dus de som van de voelbare warmte (verbonden aan de luchttemperatuur) en de latente warmte (verbonden aan de energie van de waterdamp die ze bevat). De enthalpie h wordt uitgedrukt in kJ/kg_{droge lucht}.



- de snelheid van de lucht in de warmtewisselaar. Het rendement van de warmtewisselaar stijgt naarmate het debiet en de snelheid van de lucht verminderen en het proces langer duurt;
- De relatieve luchtvochtigheid (binnen en buiten). Een belangrijk deel van de overgedragen energie is echter afkomstig van de condensatie van waterdamp uit de vuile lucht, hoe vochtiger de binnenlucht dus is, hoe hoger het rendement;
- het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur;
- de verliezen van de ventilator en de motor, die omgezet in warmte, de binnenkomende lucht opwarmen;
- de vervuiling van de ventilator. Het rendement vermindert als de warmtewisselaar vervuild is. Stof vormt een isolerende laag.






De norm NBN EN308 ("Thermische wisselaars - Bepaling van de prestaties van warmtewisselaars lucht/lucht en lucht/gas») definieert de testprocedures voor de berekening van de prestaties van warmtewisselaars. Voor een platenwarmtewisselaar moet rekening gehouden worden met de volgende omstandigheden voor de luchttoevoer:

- Toevoer gerecupereerde lucht: temperatuur = 25°C en de temperatuur van de vochtbol = 14°C (ofwel een relatieve luchtvochtigheid van ong. 28%);
- Toevoer van verse lucht: temperatuur = 5°C.

Het gebruik van het rendement van de warmtewisselaar in de berekening van het E-peil (reglementering met betrekking tot de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen) is gebaseerd op de norm EN308. Het rendement wordt gedefinieerd voor het nominale gebruiksdebiet. De technische documentatie van een ventilatiegroep geeft dit rendement aan voor verschillende debieten. De overeenkomstige waarde die moet worden ingegeven in het EPB-programma is het rendement dat overeenstemt met het nominale gebruiksdebiet. Er wordt vastgesteld dat het rendement van een warmtewisselaar met droge binnenlucht 10% lager ligt dan het mogelijke rendement met vochtige binnenlucht. Het bovenstaande voorbeeld toont het belang aan van hypothesen die zelden voorkomen in commerciële documentatie. Dat betekent ook dat het reële rendement in woningen vaak interessanter is dan wat berekend wordt in een laboratorium, omdat 's winters de relatieve luchtvochtigheid in woningen hoger ligt dan 28%.

2. KEUZE VAN HET NETILATIENET

Er bestaan verschillende mogelijkheden om de lucht te laten circuleren in het gebouw:

	Ronde stalen kokers	Rechthoekige PVC-buizen	Stervormig ventilatienet in soepele kunststof
	 <p>(Bron: Airkan. Ter illustratie)</p>	 <p>(Bron: Aldès. Ter illustratie)</p>	 <p>(Bron: codume HB+. Ter illustratie)</p>
Weerstandsverlies	😊	😞 *	😊
Luchtdichtheid	😊 Als de aansluitingen en het toebehoren uitgerust zijn met een dubbele dichting in EPDM	😞 Plakband zorgt voor de dichtheid van de aansluitingen.	😊 De buizen zijn aaneensluitend. Er zijn weinig aansluitstukken.
Akoestiek	😊	😞	😊
Onderhoud	😊 Op voorwaarde dat er toegangsluiken zijn voor een gemakkelijk onderhoud van alle vertakkingen van het ventilatienet.	😞😞 Het is zeer moeilijk om een borstel te laten passeren door een netwerk van minikokers.	😊 Er zijn geen bochten die het passeren van de borstel verhinderen.
Plaatsruimte	😊	😊	😊
Investering**	😊	😊	😊

* Tegen een vergelijkbare snelheid zorgt een rechthoekige buis voor een groter weerstandsverlies. De oppervlakte moet dus groter zijn voor rechthoekige buizen opdat de weerstandsverliezen vergelijkbaar zijn met die van ronde kokers. Voorbeeld: een rechthoekige buis met een afmeting van 360x80 mm (0,0274 m²) komt qua weerstandsverlies overeen met een ronde buis van 160 mm (0,0201 m²).

** De kostprijs van een installatie is meer afhankelijk van de dimensioneringsparameters en het toebehoren dan van het netwerktype. Buizen met een kleinere diameter veroorzaken een hogere luchtsnelheid, een groter weerstandsverlies en dus een hoger elektriciteitsverbruik. Daarentegen liggen de investeringskosten lager. Bovendien spelen nog andere parameters mee: de complexiteit van het netwerk, de aanwezigheid van verlaagde plafonds, ...

Let op: de keuze van het netwerktype is van minder belang dan het ontwerp van het netwerk en de goede uitvoering. De weerstandsverliezen en het geluid zijn vooral functie van de snelheid van de lucht en van de rationele opzet van het netwerk. Een goed gedimensioneerd stervormig netwerk kan lagere weerstandsverliezen vertonen dan een netwerk in ronde metalen buizen met hogere luchtsnelheden maar met veel soepele stukken en bochten.

Soepele buizen die niet oorspronkelijk ontworpen zijn om te dienen in een ventilatienet, zijn absoluut te vermijden: weerstandsverliezen, akoestiek, vervuiling en onmogelijke schoonmaak.

3. KEUZE VAN DE VENTILATIEGROEP

De ventilator levert de nodige energie om het totale luchtdrukverschil te compenseren tussen de toevoer van buiten en de blaasmond (of in de omgekeerde richting ingeval van afzuiging).

Het totale drukverlies veroorzaakt door de weerstand van de ventilatiegroep en van het distributienet voor de stroom van een gegeven luchtdebiet wordt genoemd: **totaal weerstandsverlies**.

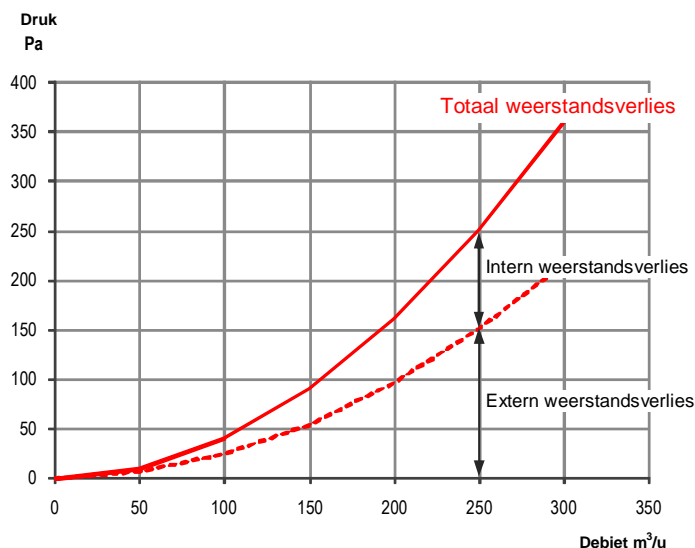
Karakteristieke curve van het netwerk

De weerstand van het distributienet is enerzijds afhankelijk van de configuratie (lengte en vorm van de buizen, richtingveranderingen, obstakels zoals een wisselaar, batterijen, filters, ...) en anderzijds van de snelheid van de circulerende lucht. De weerstand, of anders gezegd de weerstandsverliezen, staan dus gelijk met de wrijving van de lucht in de buizen. Die wrijving neemt toe naarmate de luchtsnelheid toeneemt.

Voor elk netwerktype kan men dus een curve opstellen die het weerstandsverlies vertegenwoordigt in functie van het luchtdebiet, dat de luchtsnelheid weergeeft. De weerstandsverliezen nemen toe als het kwadraat van het ventilatiedebiet.

Men dient een onderscheid te maken tussen:

- de **externe weerstandsverliezen** van het ventilatienet (buizen, richtingveranderingen, ...);
- de **interne weerstandsverliezen** binnenin de ventilatiegroep (filter, warmtewisselaar, batterijen, ...).



Karakteristieke curve van de ventilatoren

Als men een ventilator op de ventilatiekring aansluit, wordt het debiet gestabiliseerd op een waarde waarvan de geleverde druk overeenkomt met de weerstand van de kring. Dit is het enige mogelijke werkingpunt. Het komt overeen met de kruising van de karakteristieke curven voor de ventilator en het netwerk.

De luchtdruk die door de ventilator geleverd wordt:

$$P_{\text{ventilatie}} = q \times p$$

- q = volumedebiet in m^3/s
- p = totaal weerstandsverlies van het systeem in Pa

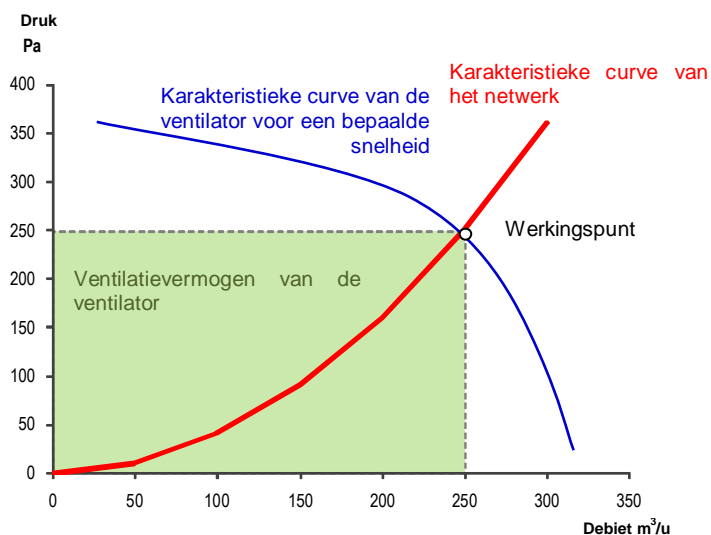
Het door het ventilatiesysteem opgenomen vermogen:

$$P_{\text{geabsorbeerd}} = P_{\text{ventilatie}} / \eta$$

- η = het globale rendement van het ventilatiesysteem in functie van het rendement van de motor, de ventilator, de overbrenging en de snelheidsregelaar.

Om het verbruik van de ventilatoren te beperken, zal men dus het globale rendement van de ventilatiemotor verhogen en het ventilatievermogen van de ventilator verlagen door een vermindering van het weerstandsverlies van het netwerk.

- **Het globale rendement van de ventilatiemotor verhogen.** Daarvoor is een gelijkstroommotor (DC), gevoed door wisselstroom, veel interessanter dan een wisselstroommotor omdat het nominale rendement



veel hoger ligt. Het rendement van een gelijkstroommotor blijft interessant wanneer het debiet en de rotatiesnelheid van de ventilator afnemen.

- **Verlagen van de externe weerstandsverliezen**, dankzij een goed ontwerp van het netwerk en de interne weerstandsverliezen via de gepaste keuze van ventilatiegroep. Daarvoor is een overgedimensioneerde ventilatiegroep, voor zover die werkt binnen het werkingsgebied van de ventilator, bijzonder goed geschikt omdat de luchtsnelheid in de groep verlaagd wordt, waardoor het interne weerstandsverlies zeer klein is.

Bijvoorbeeld, voor een nominale blaasdruk van 400 m³/u, hebben we de keuze tussen een groep van 450 m³/u of 600 m³/u:

Blaaslucht	Extern weerstandsverlies	Intern weerstandsverlies	Opgenomen vermogen	Motorrendement	Elektriciteitsverbruik per m ³ verplaatste lucht
Groep 450 m ³ /u	100 Pa	148 Pa	113 W	73,3%	0,28 Wh/m ³
Groep 600 m ³ /u	100 Pa	90 Pa	89 W	66,6%	0,22 Wh/m ³

Een overgedimensioneerde groep brengt een verminderd verbruik mee van 20%, hoewel het motorrendement lager zal liggen (omdat hij niet in het ideale werkingsgebied gebruikt wordt).

4. KEUZE VAN DE REGLING VAN HET VENTILATIE SYSTEM

4.1. Regeling in functie van de bezetting

Verdeling van de luchtdistributie (EPB-vereisten)

Het EPB-reglement eist dat de kokers voor luchtaanvoer en -afvoer uitgerust zijn met gemotoriseerde scheidingsorganen aan het begin en einde van elke zone. Eén zone komt meestal overeen met één woning.

Aanpassing van de debieten op basis van de werkelijke bezetting van de woning

De ventilatie-installatie is zo gedimensioneerd dat de vereiste minimumdebieten in de norm NBN D50-001 in alle lokalen voor minstens één regelstand van de ventilator bereikt worden. Meestal is dat de maximumstand van de ventilator.

De bewoner beschikt over de mogelijkheid om de debieten te regelen volgens zijn/haar behoefte en de ventilatie af te sluiten bij langere afwezigheid (verlof, werk, leegstand).

Standaard wordt de ventilatiegroep bediend met een manuele schakelaar met 3 standen plus tijdschakelaar.

Bijvoorbeeld tijdens het douchen of koken is het interessant om de ventilatie te kunnen verhogen. Met een druk op de tijdschakelaar zal de ventilator gedurende een ingestelde periode draaien tegen een hogere snelheid. Vervolgens keert hij terug naar de initiële snelheid.



De norm NBN D50-001 vereist een permanente toevoer en afvoer van lucht, d.w.z. een mechanische evacuatie die niet onderbroken kan worden door manuele of automatische schakelingen en die in het systeem zijn ingebouwd. Het EPB-reglement eist daarentegen gemotoriseerde scheidingsonderdelen.

Voor een gedecentraliseerde ventilatiegroep is het mogelijk om een schakelaar met drie standen te combineren met een schakelaar die de voeding van de ventilatiegroep bij het stopcontact onderbreekt. Omdat deze schakelaar niet opgenomen is binnen de regeling van de ventilatiegroep, is dit niet in strijd met de norm.

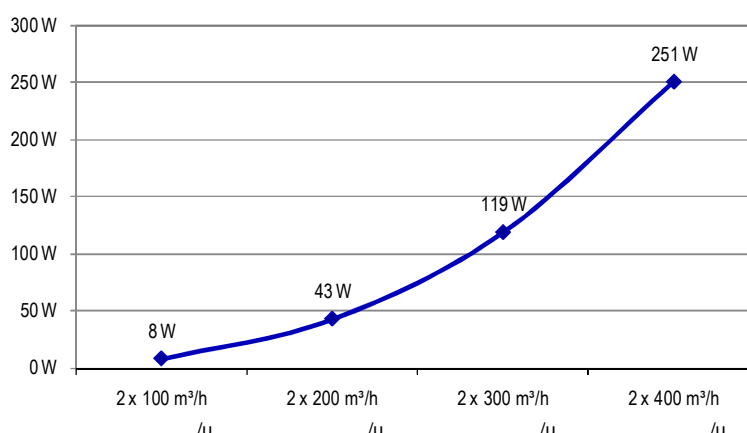
De manuele regeling van het debiet op basis van de werkelijke bezetting werkt een zeer grote potentiële vermindering van het jaarlijkse debiet in de hand: van 40 tot 60% afhankelijk van het gedrag van de bewoner.

Energie-impact

Als men in theorie geen rekening houdt met de weerstandsverliezen van het regelsysteem, varieert het opgenomen vermogen van de ventilator als de derde macht van de snelheid en dus als de derde macht van het debiet.

De figuur hiernaast geeft de evolutie weer van het opgenomen vermogen in functie van de variatie van het toevoerdebiet en afvoerdebiet (2 x). De statische druk van het netwerk bedraagt 80 Pa als het luchtdebiet 300 m³/u bedraagt. In werkelijkheid varieert het opgenomen vermogen van de ventilator niet zoals de derde macht van de snelheid, maar als de 2,5e macht van de snelheid omwille van het weerstandsverlies.

Opgenomen vermogen (W) door een ventilatiegroep in functie van het luchtdebiet



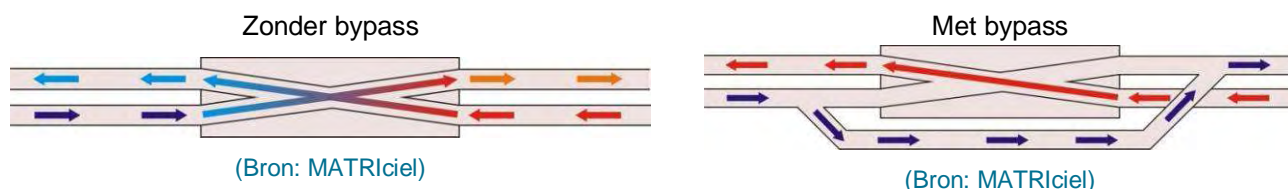
Men ziet hoe aangewezen het is om de ventilatiegroep te regelen in functie van de bezetting. Voor een woning met een ventilatiedebiet van 300 m³/u en een extern weerstandsverlies van 80 Pa, geeft de tabel het elektriciteitsverbruik aan met en zonder regeling.

Regeling	Jaarlijkse gebruiksduur	Werkingsregime	Opgenomen vermogen	Elektriciteitsverbruik
Gecentraliseerd - constant debiet	100% van 8760 u	100% van het nominale debiet	119 W	1.042 kWh/jaar
Gecentraliseerd - regelbaar debiet	10% van 8760 u	100% van het nominale debiet	119 W	104
	50% van 8760 u	66% van het nominale debiet	43 W	188
	30% van 8760 u	44% van het nominale debiet	8 W	21
	10% van 8760 u	0% van het nominale debiet	0 W	0
				313 kWh/jaar

4.2. Klimaatregeling

Zomerbypass

Tijdens de zomer, wanneer de binnentemperatuur te hoog oploopt en de buitentemperatuur toch wat lager uitvalt, is het interessant om de warmtewisselaar kort te sluiten om natuurlijke afkoeling te bevorderen en te verhinderen dat opgewarmde verse lucht de binnentemperatuur doet stijgen.



De bypass van de warmtewisselaar geschiedt als er tegelijk aan meerdere voorwaarden wordt voldaan:

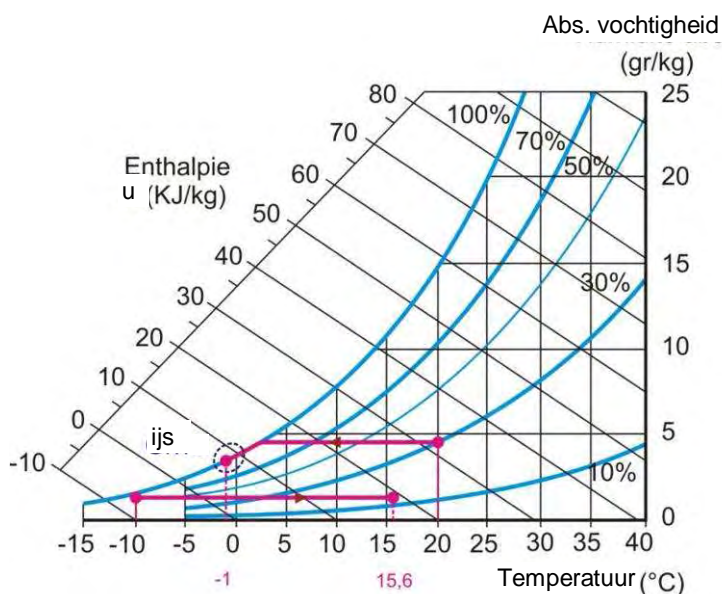
- de binnentemperatuur ligt te hoog;
- de temperatuur van de buitenlucht ligt lager dan de binnentemperatuur;
- de buitentemperatuur ligt boven een drempelwaarde van bv. 18°C. Standaard is deze temperatuur vaak ingesteld op 19°C. Deze voorwaarde is echter niet geschikt voor een passiefwoning bijvoorbeeld. Op een zomernacht is het risico op ongemak reëel, zelfs als de buitentemperatuur lager is dan 19°C. De warmtewisselaar moet tijdens het opstarten de mogelijkheid voorzien om deze drempelwaarde aan te passen volgens de specificaties van het project.

Wel blijft het interessant, voor een hoger comfort, om deze temperatuur niet vast te leggen onder de 16°C (of anders te voorzien in een bypass met variabele opening).

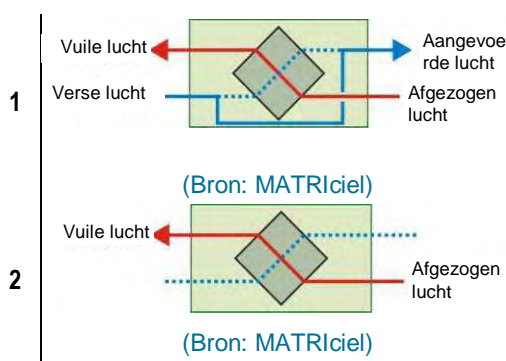
Vorstbescherming

De afgezogen lucht zal een deel van zijn warmte afstaan door te condenseren. Als de buitentemperatuur laag ligt en de binnenlucht droog is, zal de temperatuur van de afgezogen lucht onder 0°C dalen. De waterdamp die gecondenseerd is, zal zich omzetten in ijskristallen op de warmtewisselaar. De ijskristallen verhogen het weerstandsverlies en verminderen de prestaties van de wisselaar. Het wordt dus aanbevolen om dit te vermijden.

Merk op dat de hygroscopische wielen geen risico voor de vorming van ijskristallen kennen



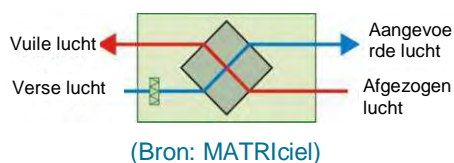
De aanwezigheid van ijskristallen wordt gemeten door ofwel een drukverschil op de wisselaar ofwel in functie van de relatieve luchtvochtigheid en de buitentemperatuur. De fabrikanten raden verschillende regeltypes aan om de vorming van ijskristallen op de wisselaar te vermijden.



- De wisselbatterij wordt gebypast bij gevaar voor ijskristallen. De bypass van de wisselaar vergt in geval van strenge vorst een overgedimensioneerd vermogen van de stookketel.
- Een antivriesthermostaat vermindert de snelheid van de ventilator voor de aangevoerde lucht in geval van negatieve temperatuur om kristalvorming op de wisselaar te voorkomen. Bij extreme koude wordt de ventilator voor aangevoerde lucht onderbroken. Het ongemak met deze techniek is dat er in

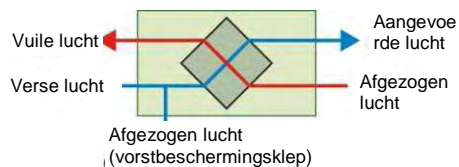


3



(Bron: MATRIciel)

4



(Bron: MATRIciel)

koude periodes geen verse lucht meer voorhanden is. Het huis is tijdelijk in onderdruk en bevordert de infiltratie van lucht.

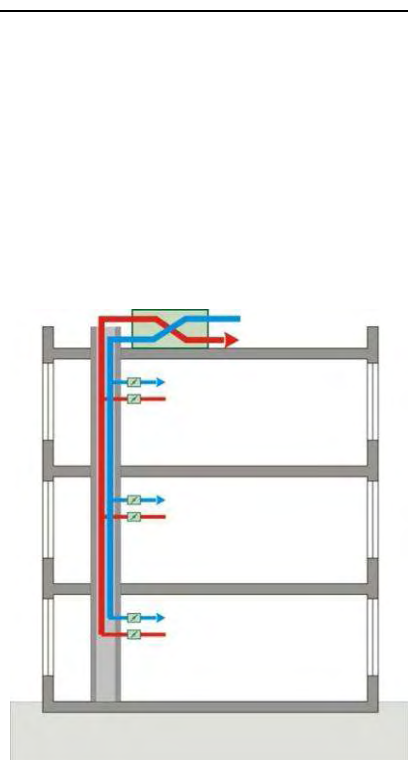
- Een elektrische batterij zorgt voor de voorverwarming van de buitenlucht en beschermt zo de wisselaar tegen het risico op de vorming van ijskristallen. Het elektriciteitsverbruik van de batterij is relatief gering omdat dergelijke periodes van extreme koude niet vaak voorkomen. De batterij veroorzaakt wel een bijkomend weerstandsverlies en dus een hoger elektriciteitsverbruik.

- Het recyclen van afgezogen lucht naar toegevoerde lucht. Alvorens door de warmtewisselaar te passeren wordt de omgevingslucht gedeeltelijk vermengd met verse buitenlucht. Terzelfdertijd zal de aanvoerventilator sneller draaien om het aanvoerdebiet te behouden.

Als de temperatuur daalt, draait de afzuigventilator sneller en de aanvoerventilator trager. Bij extreme koude wordt de ventilator voor aangevoerde lucht onderbroken.

5. PLAATS VAN DE VENTILATIEGROEP: GECENTRALISEERD OF GEDECENTRALISEERD

Gecentraliseerde ventilatiegroep/warmtewisselaar (één per groep appartementen)



(Bron: MATRIciel)

Voordelen

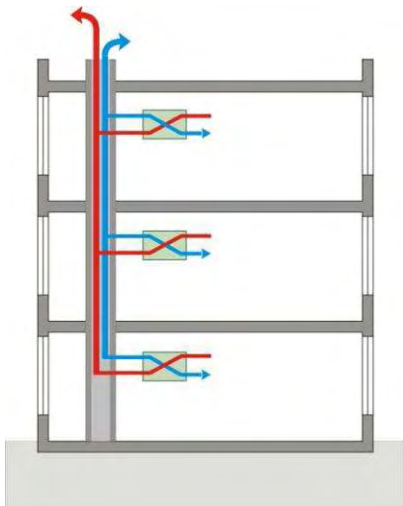
- Dit principe is meestal eenvoudiger in uitvoering omdat het geen centralisatie vraagt van de kokers in elke woning.
- Het onderhoud is gemakkelijker in huurwoningen omdat de ventilatiegroep gecentraliseerd is (ventilatoren, filters, ...) en onderhouden wordt door de onderhoudsfirmas.
- Plaatswinst in de appartementen.

Nadelen

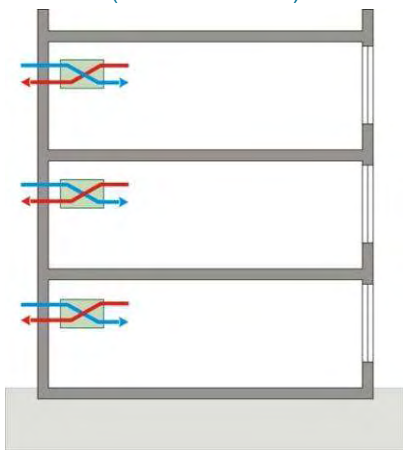
- Omdat het systeem gemeenschappelijk is, is de temperatuur van de aan de warmtewisselaar aangezogen lucht het gemiddelde van de temperaturen van de lucht aangezogen in de appartementen. Elk appartement is dus afhankelijk van het ander op het vlak van verbruik: als een persoon verwarmt tot op 22°C, een andere tot op 18°C, wordt de temperatuur bij de warmtewisselaar 20°C. De persoon die verwarmt tot op 22°C, verwarmt dus voor de persoon die verwarmt tot op 18°C. Deze methode is nog nadeliger als een appartement voor langere tijd onbewoond blijft. Het wordt dan ook opgewamd door de andere appartementen.
- De regeling van een gemeenschappelijke warmtewisselaar verloopt niet zo soepel:
 - gemotoriseerde kleppen, verplicht volgens de EPB-reglementering, bij de ingang van ieder appartement zorgen voor een lokale regeling in functie van de bezetting. Daarentegen ligt het elektriciteitsverbruik van een gecentraliseerd systeem hoger dan de som van de ventilatiegroepen per appartement;
 - de belastingverdeling is moeilijk. Het is niet mogelijk om het elektriciteitsverbruik te verdelen in functie van ieders regeling. Het bevordert geen verantwoordelijk gedrag.
- Het is niet noodzakelijk minder duur als men rekening houdt met alle

onderdelen voor de scheiding en regeling die opgelegd worden door de EPB-reglementering.

Gedecentraliseerde ventilatiegroep/warmtewisselaar (één per appartement)



(Bron: MATRIciel)



(Bron: MATRIciel)

Voordelen

- Het principe is het meest eenvoudige op het vlak van beheer, lastenverdeling enz.
 - Iedereen recupereert zijn eigen warmte.
 - Iedereen betaalt zijn eigen elektriciteitsverbruik.
 - Iedereen onderhoudt het eigen systeem.
- De energie-efficiëntie van een ventilatiesysteem met gedecentraliseerde toestellen ligt hoger.
 - De standaardmodellen van ventilatietoestellen die op de markt beschikbaar zijn gedimensioneerd voor eengezinswoningen en zijn dus te groot voor appartementen. De luchtsnelheden in een ventilatietoestel liggen dus relatief laag zodat de interne weerstandsverliezen van het toestel (filters, wisselaars, ventilatoren) sterk dalen.
 - Als het ventilatiedebiet daalt, zullen ook de interne en externe weerstandsverliezen van het ventilatienetwerk dalen. Bij een gecentraliseerde regeling blijven de weerstandsverliezen constant.

Nadelen

- Moeilijk onderhoud, vooral in huurappartementen (toegang vragen tot de luchtgroep, ...), wat een negatief effect kan hebben op de luchtkwaliteit als de filters en de wisselaar niet regelmatig gereinigd worden.
- Noodzaak om de bewoners te sensibiliseren om een goede werking van de warmtewisselaar te garanderen
- Neemt veel plaats in in elk appartement.
- Lawaai van de ventilatoren in elk appartement.

Opmerking

Sommige merken stellen een gemengd systeem voor met warmtewisselaars per appartement en gecentraliseerde ventilatoren. Hierdoor kan men het lawaai van de ventilatoren in de appartementen beperken. Dit systeem heeft wel hetzelfde nadeel als de gecentraliseerde systemen op het vlak van het elektriciteitsverbruik, de lastenverdeling enz. Dit systeem wordt niet in detail bestudeerd in deze fiche.

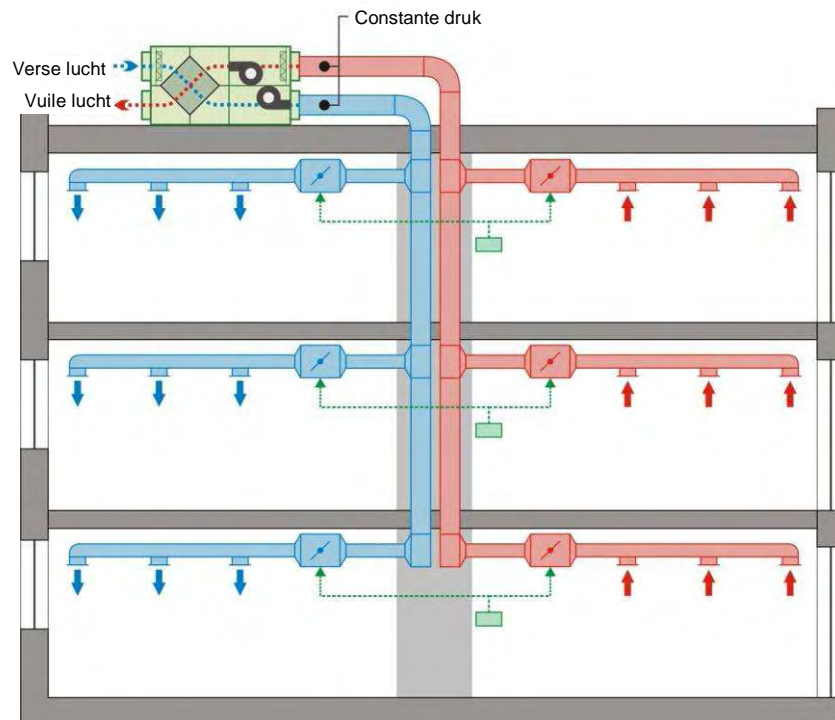
Energie-impact

Als de ventilatie gecentraliseerd is, moet de beheerder de norm naleven. De ventilatiedebieten zijn continu en aanzienlijk. Als daarentegen de ventilatiegroep gedecentraliseerd is per appartement, is de installatie gedimensioneerd om de normen te respecteren, maar beschikt de bewoner over de mogelijkheid om de debieten te regelen volgens zijn behoeften en om de ventilatie af te sluiten bij een langere afwezigheid (verlof, werk, leegstand).

Bij een gecentraliseerde ventilatiegroep echter blijft de regeling, woonruimte per woonruimte, mogelijk en sterk aanbevolen. Als alle appartementen in serie gekoppeld zijn, is het mogelijk om een ventilator te kiezen met een variabele snelheid en behoud van de druk op het einde van de kring en regelmogelijkheden aan alle ingangen en uitgangen van de appartementen.

De klep aan de ingang van een appartement wordt geregeld via een lokaal bedieningspaneel. Het bedieningspaneel omvat ook de sturing van de ventilatie met verschillende snelheden. Met het bedieningspaneel kan men eveneens de ventilatie afsluiten in overeenstemming met de eisen van de EPB-reglementering.





Beheer van een multizonaal systeem met twee stromen (Bron: Matriciel)

Let op:

De verdeling van de kosten van het energieverbruik is veel complexer dan bij een gedecentraliseerd ventilatiesysteem. Het elektriciteitsverbruik van de ventilator maakt deel uit van de gemeenschappelijke kosten. Een kostenverdeling per woning in functie van de debieten is niet mogelijk. Dit spoort natuurlijk niet aan tot energiebesparing omdat men er niet direct de vruchten van plukt als het debiet vermindert.

De energie-efficiëntie van een ventilatiesysteem met gedecentraliseerde eenheden ligt hoger, omdat:

- de standaardmodellen van ventilatietoestellen die op de markt beschikbaar zijn, gedimensioneerd zijn voor eengezinswoningen (maximumdebiet van 300 m³/u en 150 PA), dus te groot voor appartementen. De luchtsnelheden in een ventilatietoestel liggen dus relatief laag zodat de interne weerstandsverliezen van het toestel (filters, wisselaars, ventilatoren) sterk verminderen.

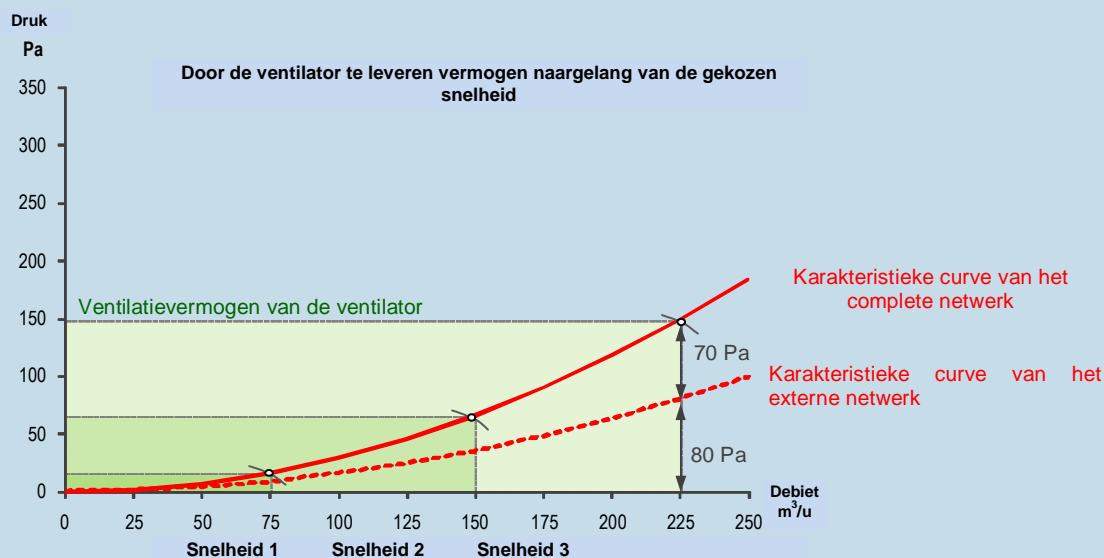
Opmerking: de vermindering van het debiet en dus de luchtsnelheid in de platenwisselaar is ook voordelig voor het thermisch rendement van de wisselaar.

- Motoren op gelijkstroom hebben hogere rendementen dan motoren op wisselstroom.
- Een gecentraliseerde ventilatiegroep werkt met een constante statische druk op het netwerk in tegenstelling tot de gedecentraliseerde ventilator, waar alle weerstandsverliezen in het netwerk dalen met het kwadraat van de snelheid. De energie-impact van de constante druk wordt geanalyseerd in de volgende paragraaf aan de hand van een cijfervoorbeeld.

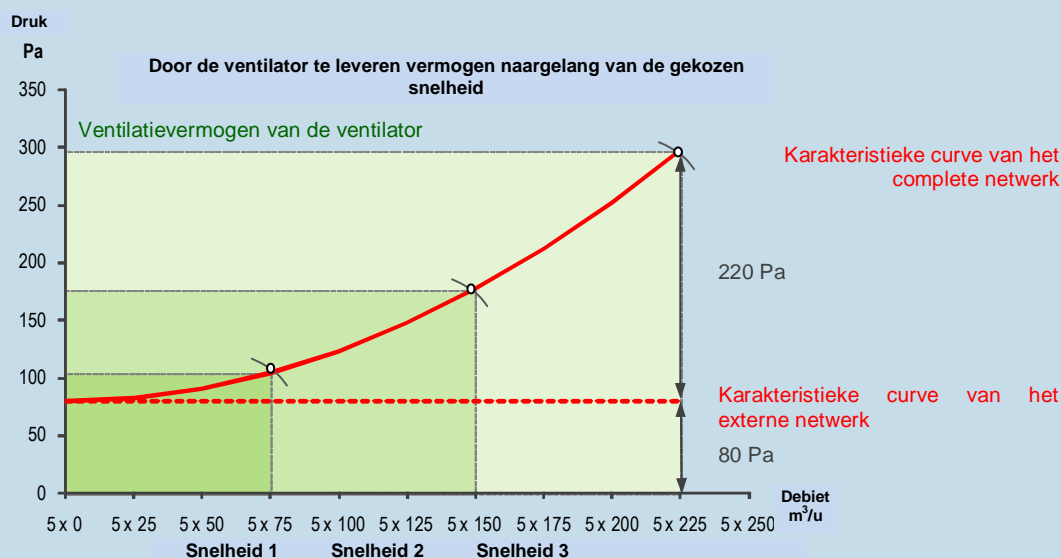
Cijfervoorbeeld

De energie-impact van de centralisatie van de warmtewisselaar wordt geëvalueerd voor een klein appartementsgebouw met 5 appartementen (2 slaapkamers, 100 m²). Het nominale luchtdebiet van elk appartement is 225 m³/u en de weerstandsverliezen van het ventilatienetwerk bedragen 80 Pa.

- Gedecentraliseerde installatie (1 x 225 m³/u) met groepen van maximum 450 m³/u:



- Gecentraliseerde installatie (5 appartementen x 225 m³/u) met groep van maximum 1250 m³/u:



Het elektriciteitsverbruik per appartement wordt berekend voor de verschillende alternatieven afhankelijk van de regeling van de ventilatiegroep.

Regeling	Regelscenario		Opgenomen vermogen	Elektriciteitsverbruik
	Jaarlijkse gebruiksduur	Werkingsregime		
Gecentraliseerd constant debiet	-	100% van 8760 u	100% van het nominale debiet	48 W + 52 W 876 kWh/jaar
Gecentraliseerd regelbaar debiet	-	10% van 8760 u	100% van het nominale debiet	48 W + 52 W 88
		50% van 8760 u	66% van het nominale debiet	28 W + 26 W 237
		30% van 8760 u	33% van het nominale debiet	10 W + 10 W 53
		10% van 8760 u	0% van het nominale debiet	0 W 0 378 kWh/jaar
Gedecentraliseerd regelbaar debiet	-	10% van 8760 u	100% van het nominale debiet	36 W + 34 W 61
		50% van 8760 u	66% van het nominale debiet	13 W + 12 W 109
		30% van 8760 u	33% van het nominale debiet	4 W + 4 W 21
		10% van 8760 u	0% van het nominale debiet	0 W 0 191 kWh/jaar

Men constateert dat het elektriciteitsverbruik van een niet-regelbare gecentraliseerde ventilatiegroep zeer hoog ligt. 876 kWh moet worden vergeleken met het gemiddelde elektriciteitsverbruik van een spaarzaam gezin van 2500 kWh (zonder koken, verwarming en SWW). Deze oplossing is dus af te raden.

Een gecentraliseerde ventilatiegroep verbruikt tweemaal meer dan een gedecentraliseerde groep. Hier zijn verschillende verklaringen voor:

- om te beginnen zijn de interne weerstandsverliezen van de gecentraliseerde ventilatiegroepen groter, en dus ook het te leveren ventilatievermogen;
- de externe weerstandsverliezen (bij het stuwen voor de luchtaanvoer en het afzuigen voor de luchtafvoer) zijn constant als het debiet vermindert. In tegenstelling dalen voor de gedecentraliseerde ventilatiegroepen de weerstandsverliezen met het kwadraat van de snelheid.

Tweetorensstraat

Voor dit project van sociale woningen was oorspronkelijk decentralisatie van de ventilatiegroepen voorzien. In de loop van het project en op grond van de ervaringen met het beheer van dit type van woningen werd beslist om de ventilatiegroep te centraliseren. Hoewel deze configuratie minder interessant is qua energieverbruik, wordt het beheer vergemakkelijkt en kunnen de minimale ventilatiedebieten in stand gehouden worden. De centralisatie van de groep betekent ook plaatsbesparing in de appartementen.

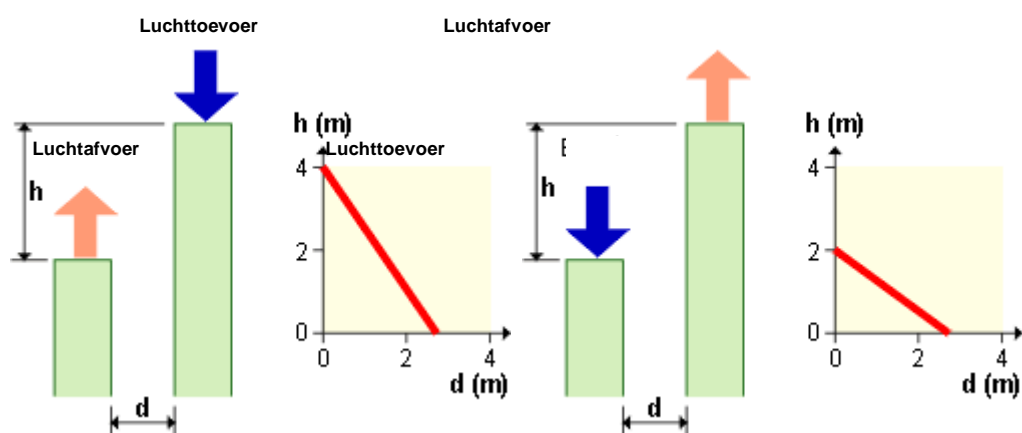
Het belang van de centralisatie of decentralisatie van een warmtewisselaar houdt dus niet op bij de vraag van het energieverbruik.

Voor meer informatie betreffende het Tweetorensstraat-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 056 (2008)**.

6. PLAATSING VAN DE LUCHTTOEVOER EN -AFVOER

Er staat geen enkele aanbeveling in de norm D50-001 met betrekking tot de plaatsing van de toevoer en afvoer van lucht in woningen. De norm EN 13779, ventilatie van niet-residentiële gebouwen, bevat in de bijlage A (informatief) de specificaties voor de plaatsing van de toevoer en afvoer van lucht.

De onderstaande figuur geeft de minimumafstanden weer tussen de openingen voor de toevoer en afvoer van licht vervuilde lucht (dampkappen niet inbegrepen).



Minimumafstand tussen toevoer en afvoer voor licht vervuilde ventilatielucht – norm EN 1377 (Bron Energie+).

De norm preciseert eveneens de minimumafstanden en wat er toegelaten is aan kortere afstanden voor individuele huizen.

L'Espoir

Dankzij de "rijhuis"-configuratie (twee tegenoverliggende gevels per appartement), kan iedere duplex aanzuigen aan één gevel en afvoeren aan de andere gevel. Er bestaat dus geen risico op vermenging van de twee luchtstromen.



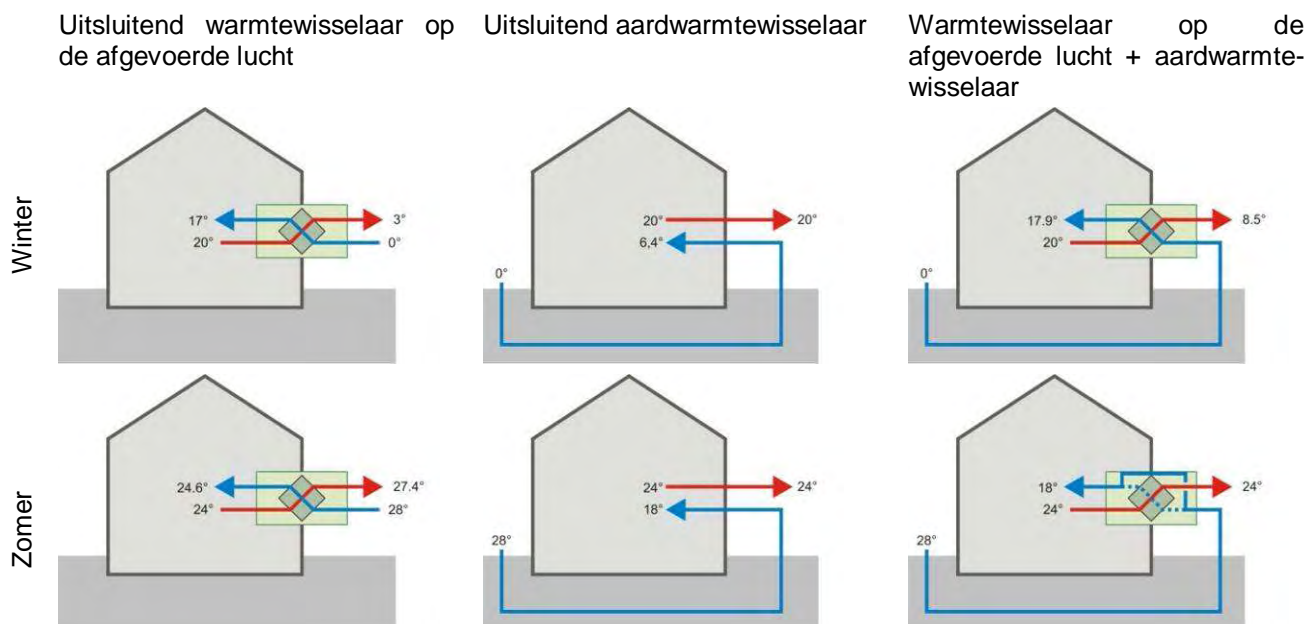
Voorgevel van het ESPOIR-gebouw (Bron: Architect D. Carnoy):

Voor meer informatie betreffende het Tweekorensstraat-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 060 (2008)**.

7. DE WARMTEWISSELAAR OP DE AFGEVOERDE LUCHT COMBINEREN MET EEN AARDWARMTEWISSELAAR OF GEOTHERMISCHE WISSELAAR

7.1. De aardwarmtewisselaar

De schema's³ hierna geven de energie-impact weer van een aardwarmtewisselaar:



(Bron: Matriciel)

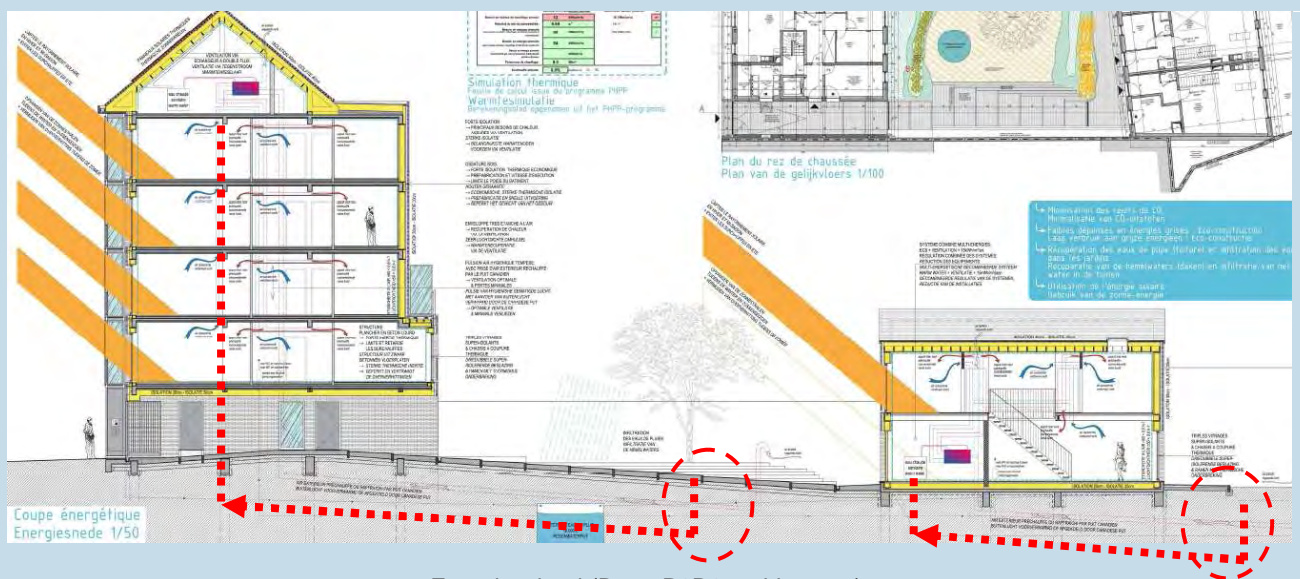
Gezien de zeer zware investeringen, de condensatieproblemen, de bijkomende weerstandsverliezen en het onderhoud, is een aardwarmtewisselaar geen prioriteit.

³ Voor meer informatie over aardwarmtewisselaars, zie fiche ENE10 van de "Praktische gids voor de duurzame bouw en renovatie".

Vanuit het standpunt van de warmte, is deze in strijd met de warmtewisselaar. Tijdens de zomer ligt het comfort ongetwijfeld hoger, maar de rol is eerder klein in vergelijking met de andere passieve koudestrategieën zoals een goede inrichting van de beglaasde oppervlakken, externe zonnebescherming, intensieve natuurlijke ventilatie of inertie.

BROUWERIJSTRAAT

In het Brasserie-project werd een aardwarmtewisselaar geplaatst als aanvulling op de andere passieve koudestrategieën omdat deze onvoldoende bleken om het zomerse comfort van de bewoners te garanderen. De voorverwarming van de lucht tijdens de winter laat toe om vorst te voorkomen aan de klassieke warmtewisselaar.



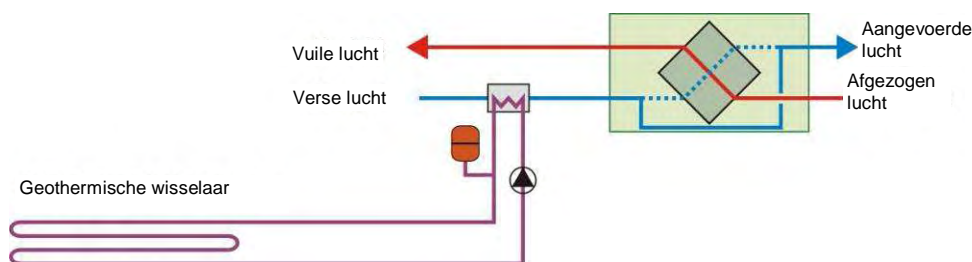
Energieschaal (Bron: R2D2 architecture)

Voor meer informatie betreffende het Brouwerijstraat-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 063 (2008)**.

7.2. De geothermische wisselaar

Een ander systeem dat toelaat om de stabiliteit van de bodemtemperatuur te benutten, is de geothermische wisselaar. Terwijl bij de aardwarmtewisselaar de koude-warmtetransfer direct op de ingegraven aanzuigkoker gebeurt, gebruikt de geothermische wisselaar glycolwater als koelvloeistof in een gesloten circuit. Een warmtewisselaar verwarmt of verkoelt de lucht alvorens die door de ventilatiegroep gaat.

Een koker uit PE-HD is ingegraven op een diepte van 1,5 tot 2 m. Voor de predimensionering stemt de lengte van de koker overeen met de helft van het "normale" luchtdebiet van de woning. Er is bijvoorbeeld 100 m nodig voor een "normaal" luchtdebiet van 200 m³/u.



De installatie van een geothermische collector biedt meerdere voordelen:

- de installatie is eenvoudiger, neemt minder plaats in en heeft geen verval nodig;

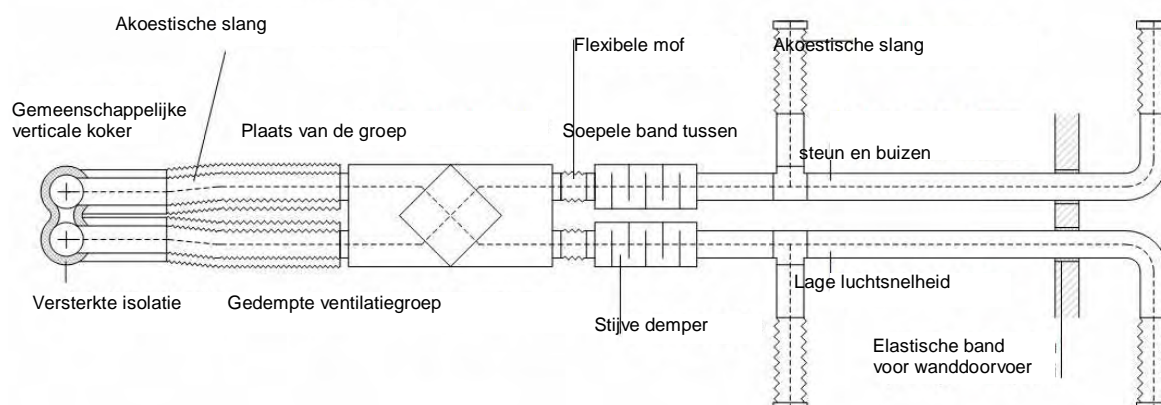


- er is een optimale hygiëne omdat er geen aanzuigkokers in de grond zitten, waar er een risico op condensatie bestaat;
- de regeling is relatief eenvoudig.

8. DE AKOESTISCHE PROBLEMEN VAN EEN MECHANISCHE VENTILATIE

8.1. Aspecten van de bescherming tegen de overdracht van geluid

Ziehier de elementen die men meestal terugvindt in een mechanisch ventilatiesysteem om de akoestische problemen te beperken⁴:



(Bron: Matriciel)

Probleem:	Oplossing
Geluid van buitenaf	<ul style="list-style-type: none"> • Voorzie een geïsoleerde akoestische koker (stijf of soepel) tussen de ventilatiegroep en de buitenzijde.
Geluid van de ventilatiegroep	<ul style="list-style-type: none"> • Plaats de ventilatiegroep in de woning in functie van de akoestische eisen. • Kies een stille ventilatiegroep (zie hieronder, toepassing van de norm NBN S 01-400-1). • Gebruik een trillingvrij bevestigingsysteem voor de ventilatiegroep.
Geluiden van de lucht in de buizen nabij de monden	<ul style="list-style-type: none"> • Gebruik soepele moffen tussen de machine en de kokers, zodat de trillingen zich niet via de kokers voortplanten. • Ideaal is om een stijve demper te voorzien of een akoestische koker bij de ventilatiegroep. • De afmetingen van de kokers worden gebaseerd op een lagere snelheid van de lucht om de weerstandsverliezen te beperken en het akoestisch comfort te verhogen: <ul style="list-style-type: none"> – idealiter 1,5 m/s in de secundaire kokers (max. 2 m/s); – idealiter 3 m/s in de niet-problematische primaire kokers (max. 4 m/s); – weerstandsverliezen van 1 Pa/m voor de verticale gemeenschappelijke kokers. • Bij de wanddoorvoeren voorziet men een geluiddempend materiaal van dezelfde dikte als de wand (bv. glaswol).

⁴ Zie eveneens de fiche CSS 05 van de "Praktische gids voor de duurzame bouw en renovatie".

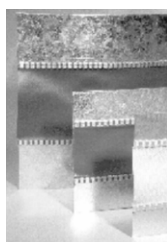
- Plaats een soepele band tussen de steunen en buizen om de overdracht van trillingen tegen te gaan. Meestal gaat het om een beugel met daarin een rubberen strook (zie afbeelding van de akoestische bevestiging hieronder).
- Tussen de kokers en de monden voorziet men een akoestische slang.
- Het is ten slotte ook mogelijk om akoestische monden te gebruiken.



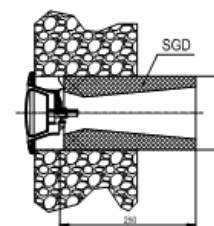
1. Afvoerbuys
2. Geluiddempende bekleding
3. Akoestisch absorberend materiaal



Flexibele dempers Mof
(Bron: DEC international. Ter illustratie)



Bevestigingsbeugel
(Bron: ATC. Ter illustratie)



Akoestische mond
(Bron: Storkair. Ter illustratie)

8.2. Cijferdoelstellingen

De Belgische norm betreffende de geluidsniveaus voor woningen is **NBN S 01-400-1** "Akoestische criteria voor woongebouwen". Ze is van toepassing op alle nieuwe constructies en de renovaties waarvoor een bouwpremie werd aangevraagd na de datum van invoering, 29 april 2008. Voor deze woningen vervangt zij de normen NBN S01-400 (1977) en NBN S01-401 (1987).

De tabel hieronder, een uittreksel uit de norm, geeft de vereisten weer voor de geluidsbegrenzing van de technische installaties in de desbetreffende ruimte. De monden voor luchttoevoer en -afvoer worden hierbij als rechtstreekse geluidsbronnen beschouwd.

Let op, het is van belang op te merken dat in de tabel aangegeven waarden ter plaatse opgemeten waarden zijn. De voorspelling van het niveau $L_{A_{\text{instal},nT}}$ is dus relatief complex. Men mag zich niet enkel baseren op de vermogenswaarde verkregen op basis van de technische documentatie van de fabrikant omdat het aantal bochten, de lengte van de buizen, de plaats van het systeem enz. een invloed hebben op het akoestische vermogen bij de mond. De vermelde waarden in de catalogi kunnen enkel dienen als vergelijkende basis tussen de verschillende systemen om het meest geluidsarme te kunnen kiezen, maar zonder echt te weten wat het ter plaatse zal opleveren.

Soort ruimte	Uitrusting	Normaal akoestisch comfort $L_{A_{\text{instal},nT}}$	Verhoogd akoestisch comfort $L_{A_{\text{instal},nT}}$
Badkamer	Mechanische ventilatie	≤ 35 dB	≤ 30 dB
	Sanitaire toestellen	≤ 65 dB	≤ 60 dB
Keuken	Mechanische ventilatie	≤ 35 dB	≤ 30 dB
	Dampkap	≤ 60 dB	≤ 40 dB
Woonkamer	Mechanische ventilatie	≤ 30 dB	≤ 27 dB
Slaapkamer	Mechanische ventilatie	≤ 27 dB	≤ 25 dB
Technische ruimten met installaties voor minder dan		≤ 75 dB	≤ 75 dB

10 woningen		
Technische ruimten met installaties voor meer dan 10 woningen	≤ 85 dB	≤ 85 dB

(Uittreksel norm NBN S 01-400-1)

9. DE KEUZE VAN DE FILTERS

Een filter heeft meerdere doelstellingen:

- de lucht te zuiveren van vervuiling: zwammen en allergene en pathogene bacteriën, pollen, ...;
- bescherming van de uitrusting van de lokalen (elektronica, computers enz.) tegen stof;
- bescherming van de ventilatie-installatie zelf;
- zonder filters komt er afzetting in de buizen, dichtingen, verdeelmonden, wisselbatterijen, ventilatoren, voelers en regelsondes. De accumulatie van stof werkt de woekering van zwammen, bacteriën e.d. in de hand;
- vermijdt de verspreiding van brand door stof;
- beschermt de terrassen en daken door de stofdeeltjes niet direct naar buiten te voeren.

De stofdeeltjesfilters zijn geklasseerd volgens hun capaciteit om steeds kleinere partikels tegen te houden.

Soort filter	Overeenstemming van de classificatie tussen de verschillende meetnormen																																					
<ul style="list-style-type: none"> • Grove filters Filters met middelmatige efficiëntie 	<table border="1"> <tr> <td>ASHRAE ←</td> <td>60% GRA</td> <td>65% GRA</td> <td>70% GRA</td> <td>75% GRA</td> <td>80% GRA</td> <td>85% GRA</td> <td>90% GRA</td> <td>95% GRA</td> </tr> <tr> <td>NBN X44-001 ←</td> <td colspan="2">G70</td> <td colspan="2">G80</td> <td colspan="2">G85</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>EUROVENT ←</td> <td>EU1</td> <td colspan="2">EU2</td> <td colspan="2">EU3</td> <td colspan="2">EU4</td> </tr> <tr> <td>EN 779 ←</td> <td>G1</td> <td colspan="2">G2</td> <td colspan="2">G3</td> <td colspan="2">G4</td> </tr> </table>	ASHRAE ←	60% GRA	65% GRA	70% GRA	75% GRA	80% GRA	85% GRA	90% GRA	95% GRA	NBN X44-001 ←	G70		G80		G85				EUROVENT ←	EU1	EU2		EU3		EU4		EN 779 ←	G1	G2		G3		G4				
ASHRAE ←	60% GRA	65% GRA	70% GRA	75% GRA	80% GRA	85% GRA	90% GRA	95% GRA																														
NBN X44-001 ←	G70		G80		G85																																	
EUROVENT ←	EU1	EU2		EU3		EU4																																
EN 779 ←	G1	G2		G3		G4																																
<ul style="list-style-type: none"> • Fijne filters Filters met hoge efficiëntie 	<table border="1"> <tr> <td>ASHRAE ←</td> <td>60% OPA</td> <td>65% OPA</td> <td>70% OPA</td> <td>75% OPA</td> <td>80% OPA</td> <td>85% OPA</td> <td>90% OPA</td> <td>95% OPA</td> </tr> <tr> <td>NBN X44-001 ←</td> <td>F50</td> <td colspan="2">F70</td> <td colspan="2">F85</td> <td colspan="2">F95</td> </tr> <tr> <td>EUROVENT ←</td> <td>EU5</td> <td colspan="2">EU6</td> <td colspan="2">EU7</td> <td>EU8</td> <td>EU9</td> </tr> <tr> <td>EN 779 ←</td> <td>F5</td> <td colspan="2">F6</td> <td colspan="2">F7</td> <td>F8</td> <td>F9</td> </tr> </table>	ASHRAE ←	60% OPA	65% OPA	70% OPA	75% OPA	80% OPA	85% OPA	90% OPA	95% OPA	NBN X44-001 ←	F50	F70		F85		F95		EUROVENT ←	EU5	EU6		EU7		EU8	EU9	EN 779 ←	F5	F6		F7		F8	F9				
ASHRAE ←	60% OPA	65% OPA	70% OPA	75% OPA	80% OPA	85% OPA	90% OPA	95% OPA																														
NBN X44-001 ←	F50	F70		F85		F95																																
EUROVENT ←	EU5	EU6		EU7		EU8	EU9																															
EN 779 ←	F5	F6		F7		F8	F9																															
<ul style="list-style-type: none"> • De ultrafijne filters of absolute filters zijn filters met een zeer hoog rendement voor specifieke toepassingen (geen woningen) 	<table border="1"> <tr> <td>MIL STD 282 ←</td> <td>95% DOP</td> <td>...</td> <td>99,90% DOP</td> <td>...</td> <td>99,97% DOP</td> <td>...</td> <td>99,99% DOP</td> <td>...</td> <td>99,999% DOP</td> </tr> <tr> <td>NBN X44-001 ←</td> <td colspan="2">U95</td> <td colspan="2">U99,97</td> <td colspan="4">U99,99</td> </tr> <tr> <td>EUROVENT ←</td> <td>EU10</td> <td>EU11</td> <td>EU12</td> <td>EU13</td> <td colspan="4">EU14</td> </tr> <tr> <td>EN 779 ←</td> <td>H10 (HEPA)</td> <td colspan="2">H11 ... H12 (HEPA)</td> <td colspan="2">H13 ... H14 (HEPA)</td> <td colspan="3">U15 ... U16 (LPPA)</td> </tr> </table>	MIL STD 282 ←	95% DOP	...	99,90% DOP	...	99,97% DOP	...	99,99% DOP	...	99,999% DOP	NBN X44-001 ←	U95		U99,97		U99,99				EUROVENT ←	EU10	EU11	EU12	EU13	EU14				EN 779 ←	H10 (HEPA)	H11 ... H12 (HEPA)		H13 ... H14 (HEPA)		U15 ... U16 (LPPA)		
MIL STD 282 ←	95% DOP	...	99,90% DOP	...	99,97% DOP	...	99,99% DOP	...	99,999% DOP																													
NBN X44-001 ←	U95		U99,97		U99,99																																	
EUROVENT ←	EU10	EU11	EU12	EU13	EU14																																	
EN 779 ←	H10 (HEPA)	H11 ... H12 (HEPA)		H13 ... H14 (HEPA)		U15 ... U16 (LPPA)																																

(Bron: Energie+)

De filterkeuze speelt op twee vlakken:

- filters die te grof zijn, zullen stof in de installatie verspreiden, wat schadelijk is voor de uitrusting en het comfort;
- te fijne filters zullen het weerstandsverlies onnodig verhogen, met een hoger verbruik van de ventilatoren om eenzelfde debiet te leveren.

De filterkeuze zal afhangen van de vereiste zuiverheid afhankelijk van het type ruimte, de kenmerken van de te filteren lucht, economische overwegingen en investeringen en exploitatiekosten. **In woningen:**

- afvoer van lucht: een filter met dichtheid G3 volstaat



- toevoer van lucht: een filter met dichtheid G3 als minimum. Een fijne filter van het type F5 of F7, eventueel voorafgegaan door een G3 filter, zorgt voor een goed compromis tussen weerstandsverlies en kwaliteit van de aangevoerde lucht.

In een vervuilde stedelijke omgeving kan het interessant zijn om de installatie te vervolledigen met een moleculaire filter (koolstoffilter) vóór de partikelfilter. Hierdoor verminderen de geuren.

10. SPECIFIEK BIJ RENOVATIE

De principes van mechanische ventilatie met warmterecyclage zijn gelijklopend voor nieuwbouw en renovatie. De beperkingen betreffende plaatsinname bij renovaties zijn ECHTER vaak problematisch omdat de woning niet ontworpen werd voor de eventuele installatie van een ventilatienet. Als in een appartementsgebouw geen verticale schacht aanwezig is, moet de luchttoevoer via de gevels gebeuren, wat esthetische gevolgen en technische beperkingen inhoudt.

FLORAIR

In het project FLORAIR IV werd de uitdaging aangegaan om een ventilatie met dubbele stroom en warmtewisselaar te installeren. Het gaat hier om een torengedebouwd van de Jetse Haard waar oorspronkelijk een vervanging van de oude ramen en een opknappbeurt van de gevels was gepland.

In dit gebouwd, dat dateert van de jaren '60, waren de verticale schachten uiteraard niet voorzien op ventilatiekokers voor toevoer en afvoer van luchtstromen.



(Bron: Leefmilieu Brussel - BIM)

Er waren alleen schachten met kokers voor de statische ventilatie van de vochtige ruimten.

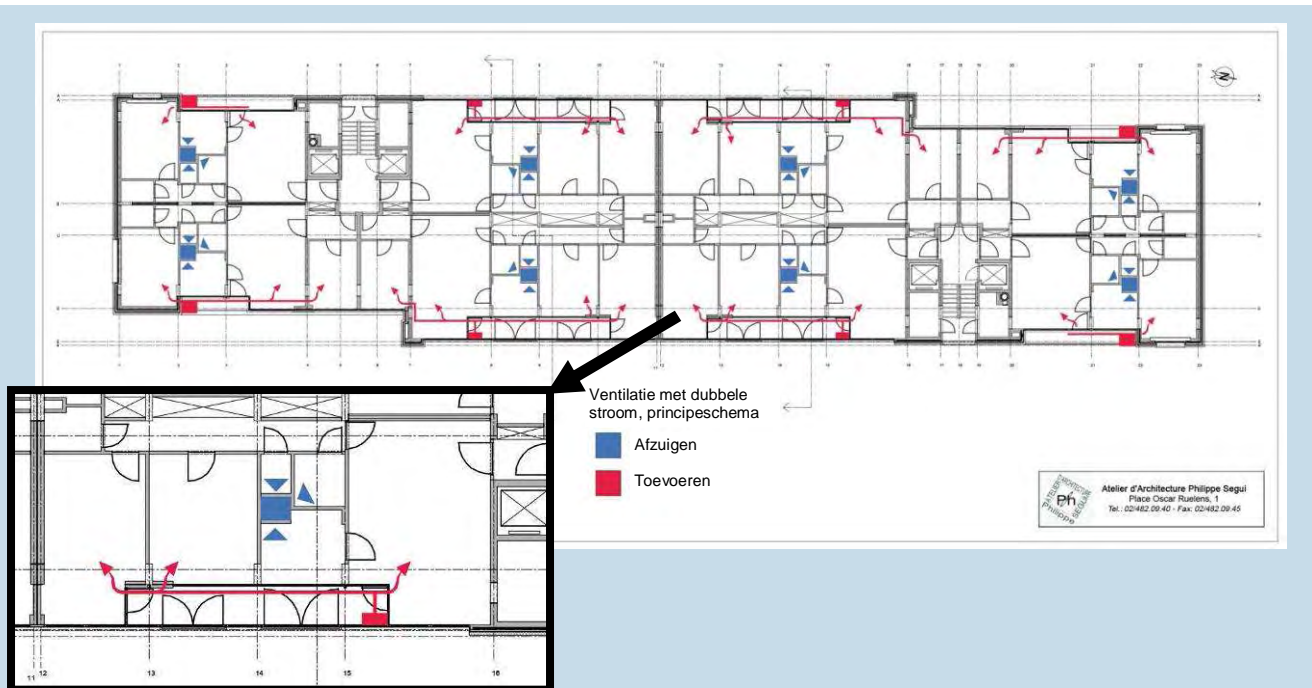
De plaatsing van nieuwe afvoerkokers gebeurt dus in die schachten omdat ze zich in de nabijheid van de vochtige ruimten bevinden.

De oude buizen in beton worden vervangen door nieuwe kokers in gegalvaniseerd staal, met nieuwe afvoermonden in alle aansluitende vochtige ruimten.

Er komen debietregelaars en een geluiddempende uitrusting in de bestaande schachten, voor elk appartement.

Daardoor is er in die schachten geen plaats meer voor nieuwe toevoerbuizen.

Om die reden heeft men van de gevelrenovatie gebruik gemaakt om nieuwe toevoerbuizen mooi in de gevels in te werken, via de bestaande terrassen, geopend of gesloten om thermische redenen, afhankelijk van de plaats.



Ventilatieschema voor Florair IV (Bron: Architectenbureau Philippe Segui)

Voor meer informatie betreffende het Florair-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 061 (2008)**.

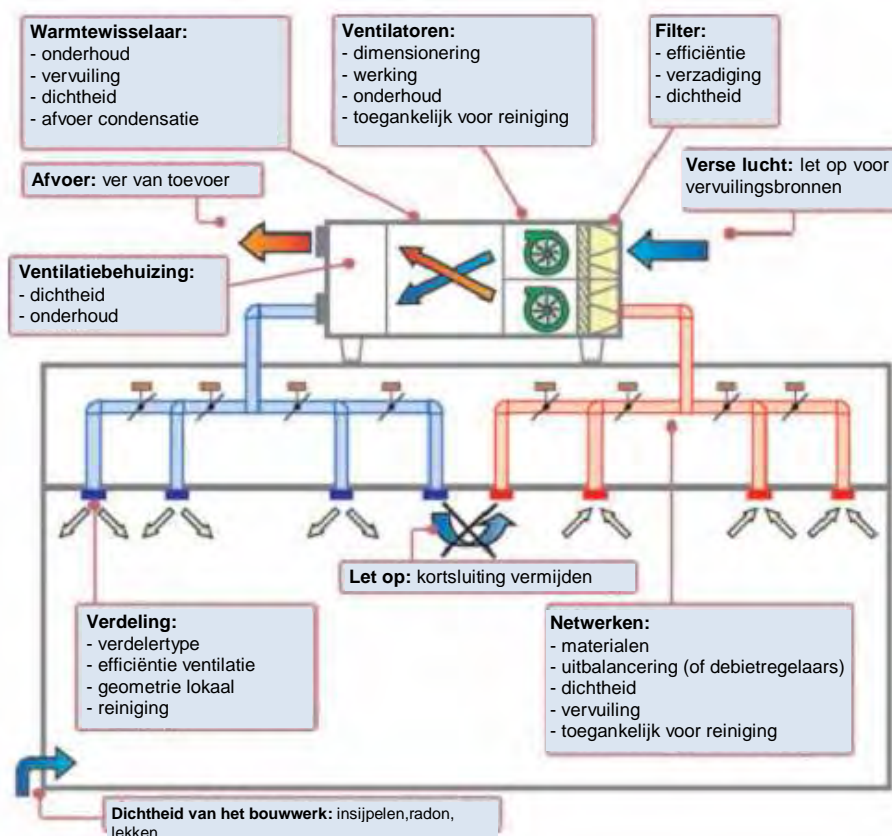
ONDERHOUD VAN DE VENTILATIESYSTEMEN

Het onderhoud van de ventilatiesystemen helpt te voorkomen dat:

- de installatie microbiologisch besmet wordt met gevolgen voor het comfort en de gezondheid;
- er vermindering is van de ventilatieprestaties door een verhoging van de weerstandsverliezen;
- de akoestische nadelen (verhoging van de snelheid) gaan doorwegen.

De besmetting wordt logischerwijze versterkt door het blazen van de lucht. Voor de luchttoevoer worden dus fijnere filters aanbevolen.

1. ONDERHOUDSWERKEN



Aandachtspunten om de kwaliteit van de binnenlucht te verzekeren (Bron: cetiat.fr)

1.1. Onderhoud door de gebruiker

1.1.1. Luchttoevoer



De meeste roosters hebben een fijn traliënet om de insecten tegen te houden. Het wordt aangeraden om roosters te gebruiken met een uitneembaar centraal element, voor een vlottere schoonmaak.

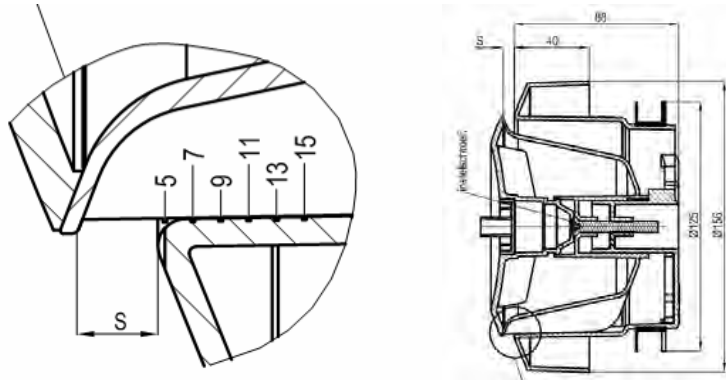
(Bron: Duco. Ter illustratie)

1.1.2. Afzuigmonden en blaasmonden

Het ontwerp van de monden moet een gemakkelijke toegang mogelijk maken. De afzuigmonden vervuilen sneller, waardoor frequenter onderhoud nodig is.

De regeling van de opening van de mond creëert weerstandsverliezen die het ventilatienetwerk in evenwicht brengen. Een wijziging van de opening veroorzaakt een verandering van het debiet aan de opening, maar ook in de rest van het netwerk. Het is dus aangeraden om uiterst aandachtig te zijn bij het reinigen om de instellingen niet te wijzigen.

Er bestaat een speciale voorziening om te verhinderen dat de oorspronkelijke opening van de mond per vergissing wordt gewijzigd. De opening wordt trouwens altijd op een schaalverdeling weergegeven.



(Bron: Storkair. Ter illustratie)

Onderhoudsintervallen

Ventilatierooster	1 x per jaar
Blaasmond	1 x per 2 jaar
Spleten onder de deuren	Geen specifieke aandacht
Afzuigrooster	1 x per jaar

1.1.3. Luchtfilters

De keuze van de filters

Klasse	Te filteren elementen	Toepassingsgebieden	Initiële weerstandsverliezen	Eindweerstandverliezen (volgens 13053)
G3 of G4	Insecten, textielvezels, haren, zand, as, pollen, cement	Afzuiging of toevoer	50 Pa	150 Pa
F7	Pollen, cement, vervuilende partikels (stof), kiemen, bacterieel stof	Toevoer De filter wordt eventueel voorafgegaan door een G3-filter	80 Pa	200 Pa

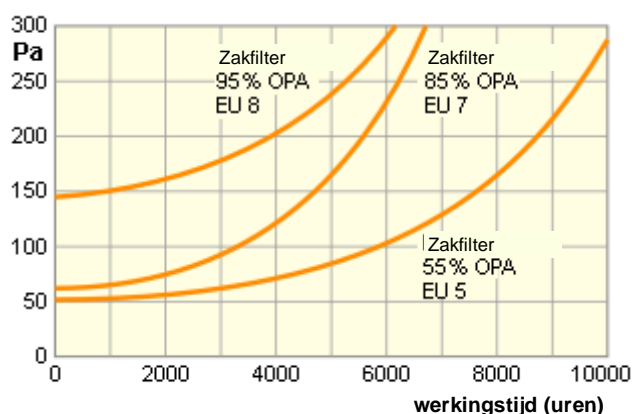
De meeste wisselaars zijn uitgerust met een G3-filter. De filter kan echter gemakkelijk vervangen worden door een F7-filter. Dit creëert dan wel een bijkomend weerstandsverlies en dus een kleiner ventilatiedebiet.

In een net met een luchtsnelheid van 3 m/s is het weerstandsverlies van een filterhuis 20 Pa voor een G4-filter en 50 Pa voor een F7-filter. Een verhoging van 30 Pa vertegenwoordigt bij een nominaal debiet een meerverbruik dat als volgt berekend wordt:

$$X = \frac{(Pa_{(F7)} \times V) / \eta_{\text{globaal (F7)}}}{(Pa_{(G4)} \times V) / \eta_{\text{globaal (G4)}}} = \frac{Pa_{(F7)}}{Pa_{(G4)}} = \frac{Pa_{(G4)} + 30}{Pa_{(G4)}}$$

Nemen we bijv. een installatie waarvan het globale rendement niet varieert en met een totale druk van 150 Pa en een G4-filter. Bij overschakeling naar een F7-filter zal het meerverbruik van de ventilatoren 20% bedragen omdat de verhouding van de netdruk met een F7-filter in vergelijking met een net met een G4-filter 20% bedraagt, of 180 Pa/150 Pa.

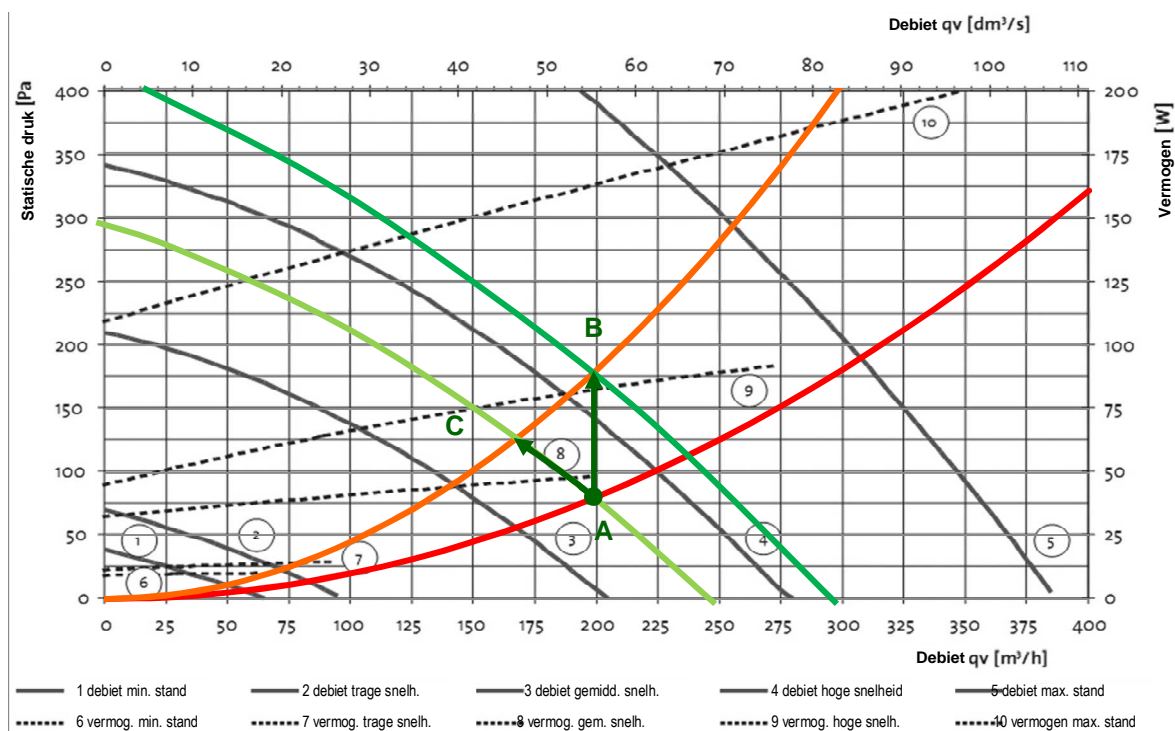
Onderhoud van de filter



Bron: Klimacomfort. Ter illustratie - weerstandsverlies van een zakfilter in functie van de gebruiksduur (Bron energie+)

De filter zal progressief vervuilen en zich verzadigen en daardoor:

- verhoogt het debiet aan niet-gefilterde lucht dat passeert door de ruimten tussen de actieve elementen van de filters en de houders, in de dichtingen tussen de kokers en de ventilatoren. Zo kan het debiet van de ongefilterde lucht een versnelde vervuiling van de openingen veroorzaken en ook zwarte sporen nalaten waar de distributiekokers niet helemaal dicht zijn;
- verhogen de weerstandsverliezen van het net met 100 Pa met als gevolg (zie de volgende grafiek):
 - als er een voortdurende meting van de debieten aanwezig is, zal het werkingpunt zich verplaatsen van punt A naar punt B, het verbruik stijgt met 32%;
 - zonder een voortdurende meting van de debieten, zal het werkingpunt zich verplaatsen van het punt A naar het punt C, het luchtdebiet daalt met 12%.



Kenmerken debiet/druk en elektrisch vermogen (Bron Codumé - HRU 3 BV. Ter illustratie)

De verstopping van de filter heeft dus een grote impact op het rendementsverlies van de installatie. Daarom werden de normen aan deze problematiek aangepast. De norm EN 13053 (Ventilatie van gebouwen - Luchtbehandelings-eenheden - Nominale waarden en prestatie voor toestellen, bouwelementen en bouwgroepen) vereist eindverliezen die lager liggen dan de norm EN 779 (Filters voor algemene ventilatie voor de eliminatie van partikels - Prestatie-eisen voor ventilatie- en luchtbehandelings-systemen). Deze opgelegde waarden moeten beschouwd worden als grenswaarden. Ideaal wordt aanbevolen om de filters schoon te maken als het weerstandsverlies dubbel zo hoog ligt als het initiële weerstandsverlies.

Onderhoudsinterval

De filters moeten om de drie maanden worden schoongemaakt. Tot 6 maanden na de oplevering van het gebouw wordt aangeraden om de filters om de 2 weken schoon te maken. Bovendien is het bij wijze van geurbestrijding aanbevolen om de filters elk jaar en minstens om de 2 jaar te vervangen.

Er bestaan ventilatietoestellen die standaard zijn uitgerust met een automatische onderhoudsdetector voor de filters. Voelers meten het weerstandsverlies aan de filters. Als dat weerstandsverlies een grenswaarde bereikt, komt een melding op het controlescherm dat de filters gereinigd moeten worden.

Let op: Tijdens bouw- of renovatiewerken kan de bewoner de neiging hebben om het gebouw (pleisterwerk en dekvloeren) sneller te drogen door de ventilatiegroep op maximum te laten draaien. Dat is een grove fout. De lucht die geladen is met stof zal de filters verzadigen en deze gaan hun efficiëntie verliezen en het stof doorlaten. Dat stof zal de wisselaar, de ventilator en het netwerk vervuilen.

Dimensioneringsparameter

Om rekening te houden met de vervuiling van de filter, bepaalt de norm NBN EN 13053 dat voor de selectie van de ventilator, de waarde van het drukverval van de filter gelijk is aan het gemiddelde van de drukverliezen in het begin (schone filter) en aan het einde (met stof bedekte filter), behalve voor enkele specifieke gevallen (bijzondere hygiënische eisen) waarvoor het constante nominale debiet gegarandeerd moet worden tot op het maximale eindweerstandverlies.

1.1.4. Warmtewisselaar



Reiniging van de filter en de warmtewisselaar (Bron: Stork air. Ter illustratie)

Er wordt aanbevolen om de zuiverheid van de warmtewisselaar ongeveer om de twee jaar na te gaan, gelijktijdig met de reiniging van de filters.

Als de wisselaar vuil is: was ze door onder te dompelen in water met reinigingsmiddel en af te spoelen onder een straal proper water. Als het water van tussen de bladen is weggevoerd, kan de wisselaar terug in de eenheid worden geplaatst.

1.1.5. Onderhoudsintervallen

Bij gebrek aan specifieke voorschriften, de volgende taken uitvoeren :

	Periodiek	Uit te voeren taken
Ventilatierooster	1 x per jaar	Te reinigen met zeepwater
Verdeler	1 x per 2 jaar	Maak het rooster los, reinig met zeepwater en plaats de mond terug zonder de regeling ervan te wijzigen.
Afzuigrooster	1 x per jaar	
Filters	4 x per jaar	De filters reinigen met behulp van een stofzuiger of een luchtcompressor
	1 x per jaar (minstens 2 jaar)	Filters vervangen
Warmtewisselaar	1 x per 2 jaar	Als de wisselaar vuil is, ze wassen door onder te dompelen in water met reinigingsmiddel en af te spoelen onder een straal proper water. Als het water van tussen de bladen is weggevoerd, kan de wisselaar terug in de eenheid worden geplaatst.

1.2. Onderhoud door de installateur

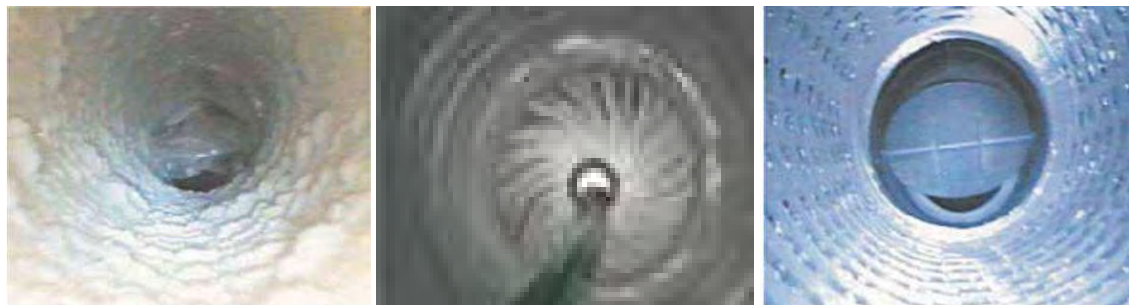
- Controle van de installatie:
 - technische staat van de elektrische elementen zoals:
 - de motoren
 - de thermische veiligheidsvoorzieningen
 - de thermostaat voor vorstbescherming
 - de servomotoren (+ instellingen)

- de vervuiling en de staat van de mechanische elementen:
 - de filters
 - de ventilatoren (kies ventilatoren waarvan de bladen naar achter gebogen zijn en zo meer vuilbestendig zijn)
 - de warmtewisselaar
 - de batterijen en de aansluitingen
 - de kleppen, ...
- controle van de luchtdebieten en de luchtdichtheid van de kokers.
- Onderhoud van de installatie:
 - reiniging van de mechanische elementen, met inbegrip van de filtervervanging. Noteren we dat het onderhoud van de filters belangrijker is dan de keuze van de filters. Een zuivere G3-filter zal efficiënter zijn dan een vervuilde F7-filter omdat de efficiëntie snel afneemt als de die vervuult.
 - onderhoud en herstelling van de installatie
 - regeling van de debieten
- Opstellen van een interventieverslag.

1.2.1. **Onderhoudsinterval**

- Om de 3 jaar wordt een volledig onderhoud van het ventilatiesysteem aanbevolen.
- Voor een gecentraliseerd systeem is de reiniging en de vervanging van de filters nodig tussen twee volledige onderhoudsbeurten. Als de onderhoudsfirma deze taak niet uitvoert, moet ze door een derde gebeuren.

1.2.2. **Ventilatienet**



Reiniging van een ventilatiekoker (Bron: Klimacomfort. Ter illustratie)

De eventuele vervuiling van de buizen hangt af van het ontwerp van het net, de materiaalkeuze, de aansluitingen, het onderhoud van de filters en hun plaatsing.

Merk op dat bochten, aansluitingen met naar binnen geplooid boorden, vierkante buizen, gegroefde slangen het stof beter vasthouden dan rechte en gladde buizen. Als het project goed ontworpen is, vragen de buizen of kokers slechts een gering onderhoud. Het onderhoud van de warmtewisselaar door de installateur (driejaarlijks) is het ideale tijdstip om de vervuiling van het netwerk na te gaan. Als de buizen vervuild zijn, is het aangeraden om ze schoon te maken.

De inspectie van de kokers gebeurt met behulp van camera's. Voor horizontale buizen van grotere diameter (>160 mm) bestaan er afstandsbediende robotten met geïntegreerde camera's. Dat is niet het geval in woningen.

De ventilatiekokers worden met een roterende borstel gereinigd. Een depressiepomp zuigt het stof op om de verspreiding ervan in de omgeving tegen te gaan.



Roterende borstel (Bron: Lifa air. Ter illustratie)



Afzuiggroep (Bron: Lifa air. Ter illustratie)

Als het nodig blijkt, bestaan er borstels met een geïntegreerde voorziening voor de verstuiwing van chemische producten voor de desinfectie van de buizen die besmet zijn met micro-organismen.

2. ANTICIPEREN OP HET ONDERHOUD VAN HET VENTILATIENET

Ontwerp van het net

Meerdere punten moeten het ontwerp van het ventilatienet sturen:

- het is goed om minikokers te vermijden omdat ze moeilijk (onmogelijk) schoon te maken zijn;
- slangen zijn ook een slechte oplossing omdat ze geen roterende borstel doorlaten;
- het "as built"-plan van het netwerk is onmisbaar om de roterende borstel te sturen bij het onderhoud van het netwerk;
- toegangsluiken tot het ventilatienet moeten voorzien zijn;
- de warmtewisselaar moet gemakkelijk toegankelijk zijn om een goed onderhoud mogelijk te maken van de filters, maar ook van de warmtewisselaar en de ventilatoren.

Tweedekker

In dit woningproject zijn alle ventilatiegroepen gedecentraliseerd (één per appartement) en ze bevinden zich in de kelder. Dankzij een dergelijk ontwerp is het dus mogelijk om gemakkelijk het onderhoud van de filters en de ventilatiegroep toe te vertrouwen aan een firma omdat men de appartementen niet hoeft te betreden. Merk ook op dat een dergelijke configuratie de plaatsinname van de groep in de appartementen beperkt, alsook de risico's op akoestische hinder.

Voor meer informatie betreffende het tweedekker-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 055 (2008)**.

Toepassing op de bouwplaats

Het netwerk kan sterk vervuild raken tijdens de werkzaamheden. De buizen moeten dus tegen vervuiling beschermd worden voor de volledige duur ervan, van de levering en de opslag tot na de installatie, zolang de vervuilende werken bezig zijn. In de luchtuitgangen moeten stoppen aangebracht worden vóór de plaatsing en de regeling van de ventilatiemonden om zo het netwerk te beschermen. Zoals al eerder vermeld werd, is het ook van belang om de ventilatie niet te gebruiken om het gebouw droog te maken.



Toepassing op de bouwplaats (Bron: WTCB)

3. ONDERHOUDSVERPLICHTING IN HET BRUSSELSE GEWEST

In tegenstelling tot de verwarming, is het onderhoud van ventilatiegroepen niet verplicht. Het wordt daarentegen sterk aanbevolen om de bovenstaande redenen.

Meestal verzorgt de installateur ook het onderhoud van de ventilatiegroep. Ook de onderhoudsfirma's voor individuele stookinstallaties kunnen deze diensten aanbieden. De onderneming heeft geen specifieke registratie nodig.

Het onderhoud van een ventilatienet vergt duurdere uitrusting en wordt dus meestal uitgevoerd door gespecialiseerde firma's.

De prijzen worden opgesteld in functie van de complexiteit van het onderhoud. Meestal is de offerte gebaseerd op de verplaatsing van de technicus en het eerste uur. De prijs is vergelijkbaar met de prijs van het onderhoud van een gasketel, ± 100 €.

Om de onderhoudskosten te drukken, is het interessant om dit onderhoud te combineren met het onderhoud van de stookketel.

IMPACT OP DE EPB-EISEN EN DE PHPP-CODERING

1. IMPACT OP DE EPB-EISEN

Dit zijn de punten van het E-peil die bespaard kunnen worden door een goed ontworpen ventilatiesysteem:

Warmtebehoefte	
<ul style="list-style-type: none">• Warmtewisselaar en uitbalanceren van de debieten	10 tot 20 E-punten
<ul style="list-style-type: none">• Voortdurende meting van de debieten om het ingangs- of uitgangsdebiet niet verder te laten afwijken dan 5% van de richtwaarde	0 tot 2 E-punten
Vermenigvuldigingsfactor m	
<ul style="list-style-type: none">• Luchtdichte buizen	0 tot 2 E-punten
<ul style="list-style-type: none">• Regeling van de monden	1 tot 3 E-punten
Elektriciteitsverbruik van de ventilatoren	
<ul style="list-style-type: none">• Ventilatoren op gelijkstroom	2 tot 5 E-punten
<ul style="list-style-type: none">• Reëel verbruik van de ventilatoren (zie volgende pagina voor meer informatie)	-2 tot 5 E-punten
Nood aan afkoeling	
Zomerbypass	0 tot 2 E-punten

Rendement van de warmtewisselaar

Het EPB-programma berekent de reductiefactor voor de voorverwarming van de verse lucht op basis van het theoretisch rendement van de warmtewisselaar (volgens EN 308), de goede uitbalanceren van de debieten en een eventuele voortdurende debietmeting.

Als de debieten correct uitgebalanceerd zijn, is de reductiefactor vereenvoudigd te berekenen als $(1 - r \times \eta)$ waarbij:

- η rendement volgens EN 308 voor het nominale debiet van de ventilator
- r reductiefactor = 0,95 als er een voortdurende meting van de debieten gebeurt en 0,85 zonder voortdurende meting van de debieten

Voor een warmtewisselaar met een rendement van 85% is de reductiefactor dus 0,81 bij voortdurende meting van de debieten en 0,72 zonder specifieke regeling.

Een voortdurende meting komt zelden voor in individuele ventilatiegroepen. Het is wel standaard bij gecentraliseerde ventilatie. De noodzaak om met gemotoriseerde ventilatiekleppen te werken aan de ingang van ieder appartement, maakt dat er ook een ventilator met snelheidsvariator en behoud van druk moet worden geplaatst aan het einde van de kring.

Als men geen aandacht schenkt aan de weerstandsverliezen door vervuiling van het netwerk na de ventilator, zorgt een behoud van de druk in het net voor het behoud van een constant debiet. Er wordt automatisch aan de voorgaande voorwaarde voldaan.

Vermenigvuldigingsfactor m

De factor m houdt rekening met:

- de dichtheid van het ventilatienet.
 - Ronde buizen met toebehoren en aansluitingen tussen de kokers met dubbele EPDM-dichtingen zijn de meest interessante oplossing en verdient aanbeveling;



- de regeling van de ventilatiemonden
 - Het ontwerpdebiet aangegeven in de EPB-reglementering houdt rekening met de uitbalancering van de toevoer- en afvoerdebieten. Die debieten verschillen echter van de minimaal vereiste debieten door de norm NBN D50-001.
 - Volgens de EPB-reglementering kan de vermenigvuldigingsfactor m worden verfijnd op basis van de werkelijk gemeten debieten in vergelijking met de ontwerpdebieten. Meestal balanceert de installateur de debieten uit met zuivere filters. De initiële debieten beantwoorden aan de debieten die worden vereist door de norm NBN D50-001. Deze oplossing is echter niet helemaal in overeenstemming met de norm NBN EN 13053, die vraagt om rekening te houden met een verhoging van de weerstandsverliezen naarmate de filters vervuild raken door zich te baseren op de weerstandsverliezen bij half zuivere filters. Als de ventilator zijn snelheid niet aanpast om de constante druk van het netwerk te behouden, zullen de luchtdebieten zakken naarmate de filters vervuilen en zullen de weerstandsverliezen toenemen.

In theorie volstaat het om het netwerk uit te balanceren, gebaseerd op halfzuivere filters. Als de filters zuiver zijn, zal het initiële debiet hoger liggen dan het ontwerpdebiet.

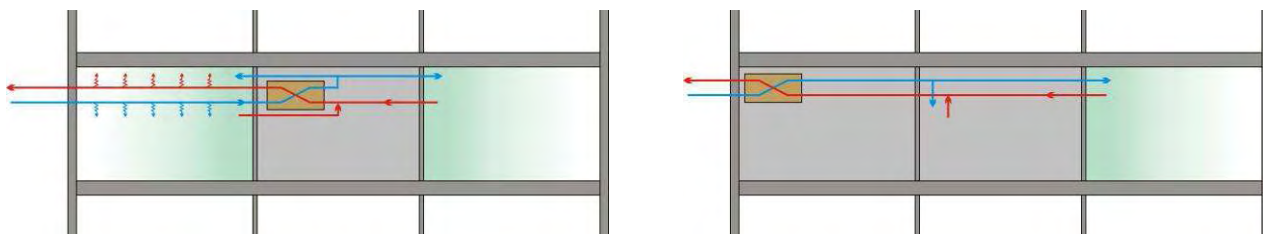
2. IMPACT OP DE PHPP-CODERING

Het debiet dat moet worden ingegeven is het nominale debiet (maximaal luchtdebiet dat is gekozen voor het ontwerp), berekend volgens de norm NBN D50-001. Samen met dat debiet moet een mogelijk regelscenario worden ingevoerd teneinde een gemiddelde luchtverversing te verkrijgen van meer dan 0,3 h-1.

Het is mogelijk om manueel het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren in te geven. Deze waarden zijn terug te vinden op het certificaat dat door Passivhaus wordt opgesteld voor de elke gecertificeerde ventilatiegroep.

- Opmerking: Het gaat om constante waarden die geen rekening houden met de reële weerstandsverliezen van het netwerk en de daling van het debiet.

De plaatsing van de ventilatiegroep in combinatie met de warmtewisselaar is eveneens van belang. Het plaatsen van de warmtewisselaar in het beschermde volume EN het voorzien van korte geïsoleerde buizen tussen de isolerende schil en de ventilatiegroep, verbeteren het rendement van de wisselaar.



Plaatsing van de ventilatiegroep en warmtewisselaar in appartementen (Bron: Matriciel)

ESPOIR

In dit project werd nagedacht over de plaatsing van de ventilatiegroep en de wisselaar binnen in de woningen. Er dient een afweging gemaakt te worden tussen het installeren van de groep:

1/ ofwel in het centrum van het appartement om de binnenbuizen voor de luchtverdeling te beperken en om leefruimte tegen de gevel te bevoordelen (natuurlijk licht). In dat geval zijn de buizen tussen de isolerende schil en de ventilatiegroep langer: ze moeten goed geïsoleerd zijn;

2/ ofwel dicht bij de gevels. De thermische verliezen zijn kleiner, maar de binnenkokers zijn zwaarder en de groep neemt plaats in binnen de leefruimte.

In het ESPOIR-project werd voor de eerste configuratie gekozen. De thermische verliezen werden beperkt door een goede isolatie van de buizen. Dit is de meest interessante benadering, omdat ze het mogelijk maakt om het thermische verlies te beperken door meer isolatie aan te brengen, terwijl er in de tweede configuratie geen mogelijkheid is om de toevoer van natuurlijk licht te compenseren zonder energieverbruik. Bovendien zouden in deze tweede configuratie de binnenste ventilatiekokers (+ verlaagde plafonds, ...) veel zwaarder zijn geweest.

Voor meer informatie betreffende het Espoir-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 060 (2008)**.



AANVULLENDE INFORMATIE

- ARCHITECTUUR EN KLIMAAT, Energie+ 6, 2009
- TV 192: Ventilatie van woningen Deel 1: Algemene principes, WTCB, 1994
- TV 203: Ventilatie van woningen. Deel 2: Uitvoering en prestaties van ventilatiesystemen, WTCB, 1997
- WTCB Infofiches – Ventilatie van gebouwen, 2010
- WTCB en DE NAYER INSTITUUT, Ventilatiegids, stappenplan voor comfortabel en energiezuinig ventileren, 2007
- CETIAT, Kwaliteit van de lucht in ventilatie-installaties: praktische gids, 2004
- Gebruikershandleidingen van fabrikanten

Normen:

- NBN D50-001 (1991), Ventilatievoorzieningen in woongebouwen en niet-residentiële gebouwen
- NBN EN 12097 (2007), Ventilatie van gebouwen. Ventilatiernetwerk. Eisen met betrekking tot componenten die bedoeld zijn voor de vereenvoudiging van het onderhoud van leidingnetten
- NBN EN 14134 (2004), Prestatiebeproeving en installatiecontrole van luchtverversingssystemen van woningen
- NBN EN 308 (1997), Warmtewisselaars. De bepaling van de prestaties van de warmtewisselaars lucht/lucht en lucht/gas
- NBN 13779 (2009), Ventilatie voor niet-residentiële gebouwen – Prestatie-eisen voor ventilatie- en luchtbehandelingsystemen

EPB-reglementering:

- Ordonnantie houdende de energieprestatie en het binnenklimaat van gebouwen (7 juni 2007)
- Arrest van het Brussels Hoofdstedelijk gewest dat de eisen vastlegt op het vlak van energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen (21 december 2007)



Redactie: MATRIciel

Leescomité: Leefmilieu Brussel - BIM

Verantwoordelijke uitgevers: J.-P. Hannequart & E. Schamp – Gulledele 100 – 1200 Brussel