

Installatieconcepten voor binnenklimaat in scholen

Uit talloze studies blijkt dat het met het binnenmilieu in scholen vaak slecht is gesteld. Zo tonen recente metingen door diverse partijen aan, dat de CO₂-concentratie in veel klaslokalen ver boven de toegestane normen komt. Dit wordt veroorzaakt door onvoldoende ventilatie, vooral in koude jaargetijden. Een ander probleem is oververhitting van de lokalen buiten de wintermaanden door veel zontoetreding en een hoge interne warmtelast. Velen leggen zich neer bij de gedachte dat een slecht binnenmilieu in klaslokalen onvermijdelijk is door het grote aantal leerlingen in een kleine ruimte. Men realiseert zich hierbij niet voldoende wat dit betekent voor de gezondheid, de leer- en werkprestaties en het comfort van kinderen en het schoolpersoneel.

- door dr.ir. P. van den Engel^{,**}, mw. ir. F. van Dijken^{***}, ir. I. Bouwman^{*}, ir. A. Boerstra^{***} en ir. H. van Weele^{****}*

Om in de kennisbehoefte bij het ontwerpen van klimaatinstallaties voor scholen te voorzien is de nieuwe ISSO-publicatie 89 geschreven. Het doel van deze publicatie is tevens om opdrachtgevers bewust te maken van de risico's van een slecht binnenklimaat en hen vervolgens handvatten te geven om tot een acceptabel binnenklimaat te komen, dat is gericht op hun specifieke wensen.

In dit artikel wordt de inhoud van ISSO-publicatie 89 in het kort behandeld. Aan de hand van de verschillende fases van het bouwproces wordt toegelicht met welke factoren rekening dient te worden gehouden bij de realisatie van een school met een gezond en comfortabel binnenklimaat.

BINNENKLIMAAT, GEZONDHEID EN LEERPRESTATIES

Bij het ontwerp of de renovatie van scholen dient de primaire taak van een school centraal te staan: het bieden van een stimulerende en productieve leeromgeving. Dit wordt door de volgende factoren bepaald [1]:

- de kwaliteit van het lesprogramma, de leermiddelen en de didactiek van de docenten;
- de architectuur van de school, zoals de identiteit van gebouw en onderwijsruimten, ruime gangen, voldoende ruimte voor ICT-apparatuur en voldoende overige ruimten;
- de architectuur van de school in relatie tot de wijk;
- het binnenklimaat.

Het binnenklimaat (binnenluchtqualiteit en thermisch binnenklimaat) is dus slechts een onderdeel bij het reali-

seren van een stimulerende en productieve leeromgeving, maar niettemin een belangrijk onderdeel.

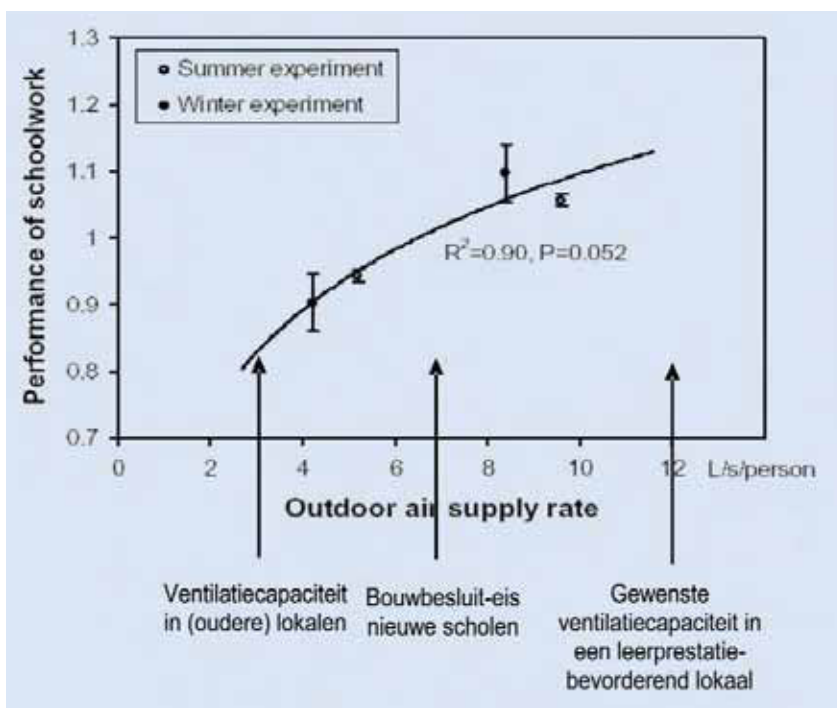
Het binnenklimaat in scholen is bijzonder. In scholen is de bezettingsgraad (aantal personen per m²) relatief hoog. Voor alle personen dient voldoende lucht te worden toegevoerd op een zodanige manier dat geen tocht ontstaat. Deze ontwerpuitdaging dient te worden aangegaan tegen een laag budget.

De gevolgen van een slecht binnenklimaat in scholen kunnen ernstig zijn. In eerste instantie zal het gaan om een toename van klachten; comfortklachten (bv. geurhinder, hitte of koude), hoofdpijn, geprikkelde slijmvliezen van neus en ogen ('droge lucht') of vermoeidheid. Uiteindelijk zijn ook een toename van ziekteverzuim en een afname van leerprestaties te relateren aan de kwaliteit van het binnenklimaat.

Ziekteverzuim

In 2004 heeft Shendell [2] in de Verenigde Staten een onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen de CO₂-concentratie en ziekteverzuim in scholen. In 432 lokalen in 22 verschillende scholen zijn CO₂-concentraties gemeten en zijn de verzuimcijfers opgevraagd. Uit analyse van deze gegevens bleek dat het ziekteverzuim met 10 tot

* Deerns Raadgevende Ingenieurs BV
** TU-Delft, Fac. Bouwkunde, werkverband Climate Design
*** BBA Binnenmilieu
**** ISSO



De relatie tussen relatieve leerprestatie en verse luchttoevoer per persoon [4].

- FIGUUR 1 -

	KLASSE		
	A	B	C
	Goed	Ruim voldoende	Acceptabel
	8	7	5,5
Thermisch binnenklimaat			
Operatieve temperatuur - ondergrens	20 °C	20 °C	19 °C
Operatieve temperatuur - bovengrens $T_{bu} < 20$ °C	22 °C	23 °C	24 °C
Operatieve temperatuur - bovengrens $T_{bu} > 20$ °C	$T_{bu} + 2$ °C met een max. van 27 °C	$T_{bu} + 3$ °C	$T_{bu} + 4$ °C
Tocht / luchtsnelheid - Winter (bij gesloten ramen)	< 0,13 m/s	< 0,16 m/s	< 0,19 m/s
Tocht / luchtsnelheid - Zomer (bij gesloten ramen)	< 0,16 m/s	< 0,20 m/s	< 0,23 m/s
Luchtkwaliteit			
Kooldioxide (CO ₂)-concentratie	< 800 ppm	< 900 ppm	< 1.200 ppm
Verse buitenlucht toevoer per persoon op klaslokaalniveau	40 m ³ /h p.p.	30 m ³ /h p.p.	20 m ³ /h p.p.
Spuiventilatie	te openen ramen	te openen ramen	te openen ramen
Geluid			
Installatiegeluid (in klaslokaal)	30 dB (A)	33 dB (A)	35 dB (A)

Verkort overzicht binnenmilieu prestatie-eisen voor schoolgebouwen voor de Klassen A, B en C uit ISSO 89 (aan de genoemde eisen dient tijdens gebruikstijd minimaal 90 % van de tijd te worden voldaan).

- TABEL 1 -

20 % toeneemt wanneer de CO₂-concentratie met 1.000 ppm stijgt ten opzichte van de buitenconcentratie.

Leerprestaties

Het meest recente onderzoek naar de relatie tussen ventilatie en leerprestaties is in 2006 verricht in Nederland door TNO [3]. In een basisschool is in twee groepen 8 onderzocht of de leesen rekenprestaties beter zijn bij vraaggestuurde ventilatie (CO₂-concentratie constant rond de 800 ppm) dan bij de standaard situatie (CO₂-concentratie loopt op, gemiddeld 1.575 ppm). De temperatuur werd tijdens het onderzoek zoveel mogelijk constant gehouden. Bij vraaggestuurde ventilatie maken leerlingen gemiddeld 6 % minder fouten voor taaltest en maar liefst 23 % minder fouten voor de rekentest.

Ook eerder onderzoek van Wargocki et al. [4] bewijst dat de hoeveelheid ventilatie een effect heeft op de leerprestaties. Het verdubbelen van de toegevoerde verse buitenlucht (van 5,2 naar 9,6 dm³/s per persoon) verhoogt de prestaties met 15 % (zie Figuur 1).

Uit onderzoek in kantoren is bekend dat productiviteit van werknemers wordt beïnvloed door de binnentemperatuur [5]. Afwijkingen van de optimale binnentemperatuur doen het concentratievermogen afnemen. De optimale binnentemperatuur is hierbij evenwel geen statisch gegeven. Deze wordt mede bepaald door de kleding, het activiteitsniveau, de binnentemperatuur en de mate waarin persoonlijke beïnvloeding mogelijk is, zoals door het al dan niet kunnen openzetten van ramen.

De leerprestaties van leerlingen worden ook beïnvloed door de temperatuur in het klaslokaal. Doordat ons buitenklimaat warmer en vochtiger wordt, het isolatieniveau van de school toeneemt, er meer gebruikt wordt gemaakt van ICT en er ook niet altijd ramen open kunnen, vraagt temperatuurbeheersing in scholen steeds meer aandacht.

PROGRAMMAFASE

De basis voor een goed ontwerp wordt gevormd door een programma van eisen (PvE) waarin helder de eisen en wensen van de opdrachtgever zijn vastgelegd. Alleen verwijzen naar de

bestaande wet- en regelgeving is daarbij echter niet genoeg. In het Bouwbesluit en het Arbobesluit worden bijvoorbeeld geen eisen gegeven voor de maximum temperatuur in de zomer of installatiegeluid. In de nieuwe ISSO-publicatie wordt daarentegen een zo compleet mogelijk overzicht gegeven van alle voor het binnenklimaat relevante aspecten. Daarnaast geldt dat het Bouwbesluit slechts een wettelijk minimumniveau voorschrijft (eisen voor het voorkomen van ernstige hinder). Voor een gezond en comfortabel gebouw dient hoger te worden ingezet. Daarom worden in de ISSO-publicatie drie kwaliteitsniveaus onderscheiden (conform internationale normen en richtlijnen zoals ISO 7730 en NPR-CR 1752):

- Klasse A: 'goed';
- Klasse B: 'ruim voldoende';
- Klasse C: 'acceptabel'.

Klasse C komt globaal overeen met de eisen zoals die zijn gesteld in het Bouwbesluit, aangevuld met noodzakelijke eisen voor andere aspecten.

Voor nieuwbouwscholen zou het uitgangspunt Klasse B moeten zijn. Op de aspecten waar de opdrachtgever een

hogere ambitie heeft kan men de eisen van Klasse A hanteren. Wanneer de budgetten echt krap zijn, kan op sommige punten worden gekozen voor Klasse C. Bij renovatie of tijdelijke bouw kan men Klasse C als uitgangspunt nemen.

In de ISSO-publicatie wordt gewerkt met prestatie-eisen ('CO₂-concentratie minstens 90 % van de gebruikstijd < 1.200 ppm') in plaats van middeleisen ('Er is voorzien in een mechanisch ventilatiesysteem'). Werken met prestatie-eisen heeft het voordeel dat in het algemeen de te realiseren eindkwaliteit eenduidig is vastgelegd en de architect en adviseurs een relatief grote ontwerp vrijheid krijgen.

Een verkort overzicht van de prestatie-eisen voor de verschillende klassen is weergegeven in tabel 1.

Naast deze eisen voor de verschillende binnenklimaataspecten dienen in het PvE ook eisen voor de energieprestatie, flexibiliteit (aanpasbaarheid aan toekomstig gebruik), onderhoudsvriendelijkheid, vandaalbestendigheid, lokale beïnvloedbaarheid, bedienings-

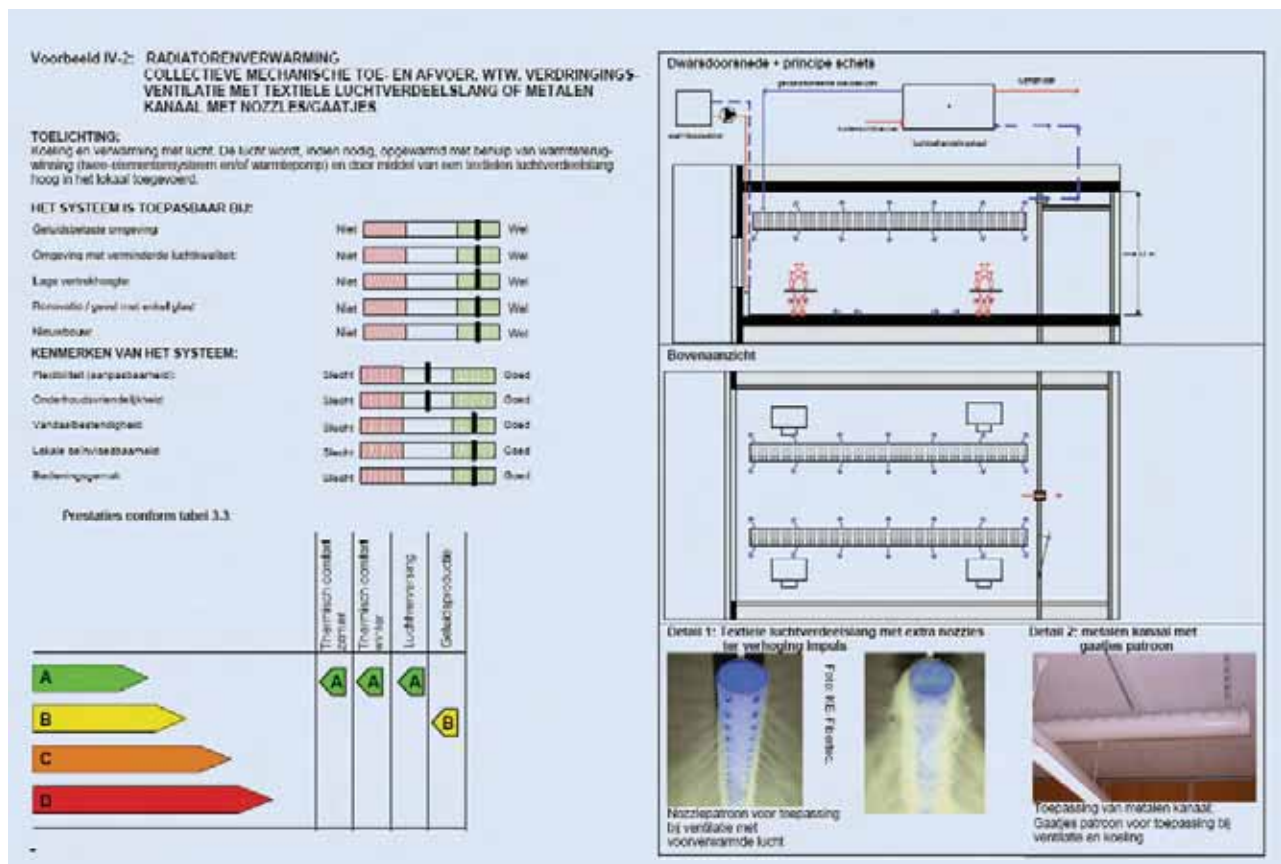
gemak en investeringskosten te worden meegenomen om een goede eindkwaliteit te bereiken.

Senter Novem heeft een standaard technisch PvE voor de Frisse School (een school met een goed binnenklimaat) opgesteld, waarin met de bovengenoemde eisen wordt gewerkt. Dit PvE is opgenomen in de ISSO-publicatie.

ONTWERPFASE

In de ontwerpfase wordt het programma van eisen vertaald naar een ontwerp. In de nieuwe ISSO-publicatie zijn variantenbladen opgenomen (zie figuur 2) waarin een aantal ontwerp oplossingen wordt gepresenteerd voor het ontwerp van scholen met een gezond en comfortabel binnenklimaat. Dit zijn allemaal gangbare oplossingen waar meestal al de nodige ervaring mee is.

De bedoeling van de variantenbladen is vooral om ontwerpers te stimuleren in hun creativiteit en te ondersteunen bij het integraal ontwerpen door belangrijke parameters, die het binnenklimaat beïnvloeden, na te lopen.



Voorbeeld van een variantenblad uit ISSO-publicatie 89. Op de achterkant van het variantenblad wordt het systeem verder toegelicht en worden aandachtspunten weergegeven.

- FIGUUR 2 -

Indeling voorbeeldbladen

Ieder voorbeeldblad geeft aan de voorzijde:

- een *korte beschrijving van een ontwerpoplossing* aan de hand van enkele principetekeningen en functionele kenmerken;
- de *prestaties* op het gebied van luchtverversing, thermisch comfort zomer/winter, geluidproductie en energiegebruik;
- het *toepassingsgebied*, bv. een geluidbelaste omgeving, een omgeving met verminderde luchtkwaliteit, een lage vertrekhoogte, renovatie of nieuwbouw.

Elke ontwerp oplossing die wordt gepresenteerd kan op deze aspecten worden gewaardeerd (+, 0, -). Door deze factoren integraal tegen elkaar af te wegen ontstaat er een evenwichtige basis voor de keuze voor een bepaald concept.

Op de achterzijde van het voorbeeldblad wordt vervolgens dieper ingegaan op de werking van het systeem, de randvoorwaarden en aandachtspunten.

Varianten

De basis voor de voorbeeldbladen wordt gevormd door de indeling van ventilatiesystemen uit de NPR 1088 [6]:

- I. Natuurlijke toe- en afvoer;
- II. Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer;
- III. Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer;
- IV. Mechanische toe- en afvoer.

Binnen deze vier hoofdcategorieën zijn varianten mogelijk met:

- meng- of verdringingsventilatie;
- vraaggestuurde ventilatie;
- positie luchttoevoer: hoog of laag;
- luchttoevoer vanuit de gang of de gevel;
- luchtafvoer via de gang of de gevel;
- luchttoevoer of afvoer via een atrium;
- gebruik maken van een klimaatgevel of tweede-huidfaçade;
- benutting van een verlaagd open plafond voor klimaat en akoestiek.

In combinatie met:

- verwarming met radiatoren of convectoren;
- vloer- of plafondverwarming
- betonkernactivering;
- wandverwarming;
- luchtverwarming (voorverwarming toevoerlucht).

CO₂-CONCENTRATIE EN LUCHTKWALITEIT

De kwaliteit van de binnenlucht wordt meestal gemeten aan de hand van de CO₂-concentratie. Het Bouwbesluit heeft voor scholen als uitgangspunt dat 1.200 ppm de bovengrens is. Dit niveau is gebaseerd op een leerling die 17 dm³/h CO₂ produceert en waarbij per leerling 20 m³/h (= ca. 5,6 dm³/s) verse lucht wordt toegevoerd. Dit staat gelijk aan een verblijfsruimte (lokaal) met 1 leerling per 2 m² waarbij 2,8 dm³/s per m² vloeroppervlak verse lucht wordt toegevoerd. Het Bouwbesluit staat evenwel nog steeds hogere CO₂-waarden toe. Wanneer voor iedere leerling slechts 1,3 m² beschikbaar is (nog steeds bezettingsgraad klasse B2) en de vereiste 3,5 dm³/s per m² lucht wordt toegevoerd is de verse luchttoevoer maar

4,55 dm³/s (= 16,38 m³/h) per persoon. In dat geval zal de CO₂-concentratie in veel gevallen tot boven de 1.400 ppm stijgen.

N.B.

Over de CO₂-productie van leerlingen is nogal wat discussie. Volgens de NPR-CR 1752 ligt de werkelijke CO₂-productie iets hoger. Voor kinderen van 3-6 jaar (metabolisme 2,7 met) wordt deze geschat op 18 dm³/h en voor leerlingen van 14-16 jaar en volwassenen (metabolisme 1-1,2 met) op 19 dm³/h. Hieruit blijkt echter ook dat het verschil in CO₂-productie tussen leerlingen in het basisonderwijs en het voortgezet onderwijs marginaal is, doordat jongere leerlingen een veel hoger metabolisme hebben.

Keuzematrix

Voor de ontwerper (maar ook de opdrachtgever) is het van belang snel te kunnen nagaan welke ontwerpvarianten relevant zijn voor het project waar hij/zij aan werkt. Daarom is in de ISSO-publicatie een keuzematrix opgenomen waarmee snel een selectie kan worden gemaakt op basis van ambities en randvoorwaarden.

Hoewel is gezocht naar een beargumenteerde waardering van een bepaald aspect, blijft deze uiteraard enigszins subjectief. De ISSO-publicatie zal daarom na een aantal jaren moeten worden aangepast op basis van de dan bekende inzichten.

UITVOERINGSFASE

Voor een goed binnenklimaat is het van belang dat de uitvoering zorgvuldig en zo schoon mogelijk plaatsvindt. Tijdens de uitvoering dient vervuiling van de installatieonderdelen (bv. luchttoevoerkanalen) door olie, stof of restmateriaal te worden voorkomen. De laatste fase van de uitvoering is het inregelen. Het doel hiervan is de debieten in de leidingen en luchtkanalen overeen te laten komen met de ontwerpwaarden. Dit dient bij oplevering toetsbaar te zijn.

GEBRUIKS-, BEHEERS- EN ONDERHOUDSFASE

Het binnenklimaat is niet alleen afhankelijk van het ontwerp en de uitvoering (waaronder inregeling), maar ook van het gedrag van de gebruiker, het beheer en het onderhoud.

Om de gebruiker op een goede manier te laten omgaan met de klimaatinstallaties zijn instructies (zowel mondeling als schriftelijk) onmisbaar. Ga er niet vanuit dat de handleiding van de leverancier geschikt is voor de eindgebruiker. Mogelijke vragen van de gebruikers over het binnenklimaat moeten in de instructies worden beantwoord, zoals 'Wat moet ik doen als het te warm wordt?' of 'Wat kan ik doen als het stinkt (bijvoorbeeld als er is geveerd) in de klas?'

Daarnaast dient ervoor te worden gezorgd dat het gebouw na verloop van jaren blijft functioneren zoals tijdens de ontwerpfasen was bedoeld. Regelmatig onderhoud (zowel technisch als hygiënisch onderhoud) van de installaties is hierbij van belang.

Toekomst

De Nederlandse scholen kunnen wel een kwaliteitsslag gebruiken. Met ISSO-publicatie 89 hopen we daaraan te kunnen bijdragen. Wat ons betreft wordt ISSO 89 de standaard voor scholenbouw en

BESTELINFO ISSO-PUBLICATIE 89

ISSO-publicatie 89 kost 130 euro en is te bestellen via www.isso.nl of via de fax: 010 – 2130384.



- KADERFIGUUR 1 -

nemen opdrachtgevers en ontwerpers van scholen in hun Programma's van Eisen en ontwerpdocumenten in de toekomst allemaal minimaal de

verwijzing 'conform ISSO 89 Klasse B' op. 

LITERATUUR

1. Cardellino P, Clements-Croome D. *University of Reading, UK. Identifying suitable procurement en briefing processes for schools*. Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors. Helsinki, 2007.
2. Shendell D.G., Prill R., Fisk W.J., Apte M.G., Blake D., Faulkner D., *Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho*, Indoor Air 14(5):333-341, 2004.
3. Gids W.F. de, van Oel C.J., Phaff J.C. en Kalkman A. *Het effect van ventilatie op de cognitieve prestaties van leerlingen op een basisschool*. TNO, Delft, 2006.
4. Wargocki P., Wyon D.P., Matysiak B, Irgens S. *The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of school work by children*. Indoor Air: Proceedings of the 10th international conference on indoor air quality and climate, Beijing China, pp.

368-372. 2005.

5. Seppänen O., Fisk W.J., Lei Q.H. (2005) *Effect of temperature on task performance in office environment*. Proceedings of the 5th International Conference on Cold Climate Heating, Ventilating, and Air Conditioning, 2006, Moscow, Paper S3-16.
6. NEN, NPR 1088. *Ventilatie van woningen en woongebouwen*. Aanwijzingen voor en voorbeelden van de uitvoering van ventilatievoorzieningen. 1999.

NOTEN

- 1 De ISSO-publicatie is mede tot stand gekomen door de inzet van TNO Bouw en Ondergrond, met ir. P. (Piet) Jacobs en - in de beginfase - ir. C.W.J. (Chrit) Cox, als rapporteurs.
- 2 Het standaard technisch PvE voor de Frisse School is ook te downloaden via www.frissescholen.nl.



"HET IS KOUD,
DOE DE AIRCO AAN!"

Martijn
sales engineer

AANGENAAM,
CARRIER.

Wij ontmoeten u graag!
www.carrier.nl

HET IS PRETTIG WERKEN MET CARRIER

Carrier
airconditioning

Energiezuinig luchtgordijn?



- LSA** > Standaard 60/40°C warmtewisselaar
- LSA** > 5 traps digitale regelaar
- LSA** > Hoog rendement
- LSA** > Effect!

LSA
AIR CURTAINS

Luchtgordijnen
Air curtains
Luftschleier
Rideaux d'air
Cortina de aire
Barriere d'aria

LSA Arnhem BV
P. Calandweg 54 • 6827 BK Arnhem NL
☎ +31 (0)26 - 361 16 11
☎ +31 (0)26 - 362 18 91
E-mail: lsa@lsaarnhem.nl • www.lsaarnhem.nl