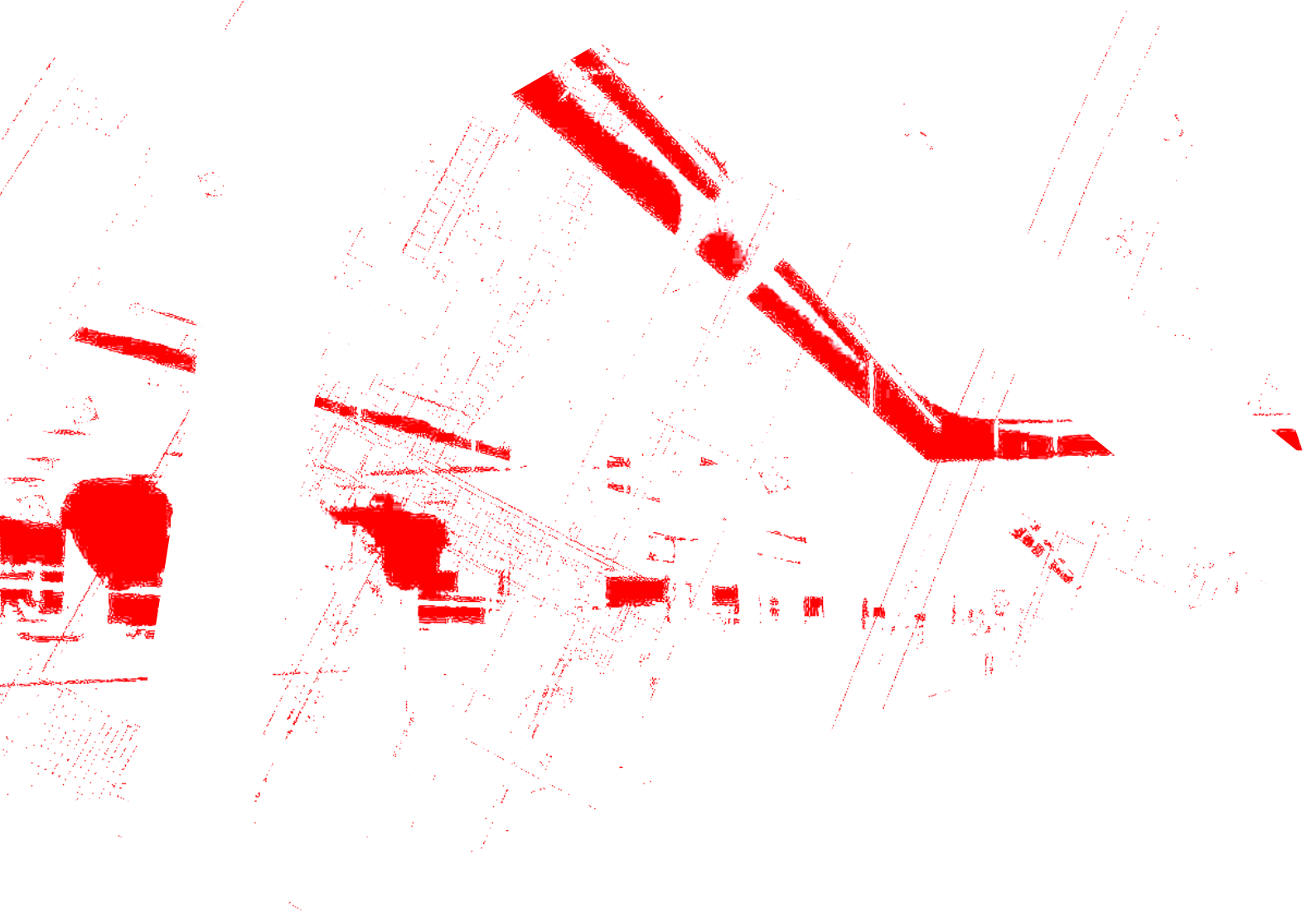




Voorstudie KT - 06

Installatietechnische oplossingen voor een gezonde, prestatiebevorderende basisschool

uitgave 2006





TVVL WERKGROEP
“Kwaliteitsverbetering binnenmilieu in basisscholen”

Voorstudie

**Installatietechnische oplossingen voor een
gezonde, prestatiebevorderende basisschool**
2^e herziene uitgave

TVVL WERKGROEP
“Kwaliteitsverbetering binnenmilieu in basisscholen”

Voorstudie

Installatietechnische oplossingen voor een gezonde, prestatiebevorderende basisschool **2^e herziene uitgave**

Auteurs: **ir. Atze Boerstra, BBA Binnenmilieu (hoofddred.)**
ir. Chrit Cox, TNO Bouw (hoofddred.)
drs. Christianne Derikx, Preventief Arbo Adviesbureau
ir. Froukje van Dijken, TU Eindhoven
drs. Lonneke Haans, BBA Binnenmilieu
drs. Laura Hulsman, BBA Binnenmilieu
ir. Loes Joosten, TU Eindhoven
ir. John Marijnissen, Rienks Advitek

vetgedrukt: auteurs herziene uitgave

In opdracht van: Technische Raad van de TVVL
Nederlandse technische vereniging voor installaties in gebouwen

Datum rapportage: 1 juli 2006

Disclaimer

Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder schriftelijke toestemming van TVVL.

TVVL, auteur(s) en overigen die aan de samenstelling van dit rapport hebben medegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht zowel bij het verzamelen als bij het verwerken en opstellen van deze gegevens. Nochtans sluiten zij iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

SAMENVATTING

Uit talloze studies blijkt dat het met het binnenmilieu in scholen slecht gesteld is en dat bepaald niet alleen in Nederland. Onvoldoende ventilatie, vooral in koude jaargetijden, en te warme lokalen in de zomermaanden zijn de grootste problemen.

De reden hiervoor ligt waarschijnlijk in het feit dat schoolgebouwen meestal low-budget gebouwen zijn, ontworpen door architecten en gebouwd door bedrijven die zich òf niet bewust zijn van de problemen, òf denken dat deze onvermijdelijk zijn. Installaties in scholen worden vaak door installateurs ontworpen voor een (te) laag budget. Adviseurs worden zelden ingeschakeld en hun honorarium is meestal niet voldoende voor een goed ontwerp.

Velen denken dat een slecht binnenmilieu in klaslokalen onvermijdelijk is door de hoge concentratie van leerlingen op een klein vloeroppervlak. Men realiseert zich hierbij echter onvoldoende wat dit betekent voor de gezondheid en het welzijn van de kinderen en voor hun leerprestaties. Is het niet vreemd dat we onze kinderen blootstellen aan een binnenmilieu dat we op onze eigen werkplek niet zouden accepteren?

De TVVL heeft besloten om 'iets' aan de situatie te doen middels het oprichten van een 'scholen-werkgroep' en het uitvoeren van een voorstudie naar de mogelijkheden tot kwaliteitsverbetering van het binnenmilieu in basisscholen. Op installatietechnisch gebied valt deze kwaliteitsverbetering met name te realiseren op het gebied van de luchtkwaliteit en het thermisch binnenklimaat.

Doel van de voorstudie: een hanteerbaar naslagwerk maken waarmee de TVVL-leden in basisscholen aan de slag kunnen om het binnenmilieu te verbeteren.

Dit rapport is primair bedoeld voor de leden van de TVVL en dan met name de adviseurs en installateurs die zich bezig houden met het ontwerp, de installatie en het onderhoud van klimaatinstallaties in scholen.

Het rapport geeft antwoord op de volgende vragen:

- Wat is het belang van een goed binnenmilieu op school?
- Welke factoren beïnvloeden de binnenmilieu-kwaliteit zoal?
- Wat kun je als adviseur / installateur in bestaande gebouwen doen om eventueel optredende binnenklimaatklachten te verhelpen?
- Hoe en wanneer zou het binnenmilieu aan de orde dienen te komen in het bouwproces?
- Hoe leg je tijdens een renovatie- of nieuwbouw-traject de (gewenste) kwaliteit van het binnenmilieu vast, bv. bij een nieuwbouwproject?
- Hoe kun je de opdrachtgever en andere bouwteamleden overtuigen om voldoende te (blijven) investeren in goede installaties en een gezond binnenmilieu?
- Wat zijn mogelijke technische uitwerkingen (installatie-concepten) indien een meer dan gemiddeld goede binnenmilieukwaliteit gewenst is?

De eerste uitgave van deze voorstudie uit 2004 gaf aanleiding tot enkele vragen/opmerkingen; de daaruit voortvloeiende aanpassingen zijn in deze herziene versie meegenomen.

BELANG VAN EEN GOED BINNENMILIEU

Het aantal kinderen met astma en andere luchtwegallergieën is de laatste jaren enorm toegenomen. Er is veel discussie omtrent het ontstaan van astma en allergieën. Maar wanneer kinderen eenmaal astmatisch of allergisch zijn, zijn ze gebaat bij een schone en gezonde omgeving zonder prikkelende stoffen in de lucht. Een schone omgeving vermindert namelijk de kans op een astma-aanval. Door deze kinderen zo min mogelijk bloot te stellen aan prikkels ontwikkelt de ziekte zich minder sterk, met alle voordelen voor hun functioneren en hun toekomst.

Een goed binnenmilieu heeft ook een positief effect op de leerprestaties van de kinderen, zo blijkt uit studies. Alleen al omdat zij zich beter kunnen concentreren. Het ziekteverzuim onder zowel de leerlingen als de docenten zal eveneens verminderen in een goed geventileerde en adequaat geklimatiseerde school. Deels doordat het onderlinge infectierisico (besmetting via de lucht) wordt geminimaliseerd als meer dan gemiddeld geventileerd wordt.

FACTOREN DIE HET BINNENMILIEU BEINVLOEDEN

Niet alleen de kwaliteit van de installaties bepaalt de temperatuur op school en de luchtkwaliteit. Ook zaken als het gevelontwerp (denk aan glasoppervlak en zonwering), de constructie (denk bv. aan koudebruggen), de inrichting (denk bv. aan het type vloerbedekking) en gebruik en beheer (denk aan schoonmaak) hebben een grote invloed.

ACTIES IN BESTAANDE BOUW

Individuele, ad hoc klachten, over het binnenmilieu op school komen veel voor. Het is van belang om deze klachten serieus te nemen, maar niet altijd te letterlijk (bv. niet als het om de klacht “het is hier te droog” gaat). Het is bij klachten altijd zaak om te weten of het om een individuele klacht gaat of een algemene klacht. Een systematische klachteninventarisatie vergroot het inzicht in de aard en de oorzaak van de problematiek. Pas dan kan gericht naar een goede oplossing worden gezocht.

BINNENMILIEU IN HET BOUWPROCES

Bij nieuwbouw, verbouw of renovatie wordt de klimaatadviseur of installateur vaak verantwoordelijk gehouden voor de binnenmilieukwaliteit. Maar het schoolbestuur, de architect, de aannemer, de (toekomstige) beheerder en de eindgebruikers hebben hierin natuurlijk allemaal een eigen verantwoordelijkheid.

Voor het realiseren van een goed eindresultaat (een goed binnenmilieu) is het essentieel dat het onderwerp binnenmilieu voldoende vroeg ‘op de agenda komt’. Denk dan bv. aan het opnemen van specifieke binnenmilieu-eisen in het PvE (Programma van Eisen). Ook het voldoende tijdig inschakelen van de klimaatadviseur of installateur is essentieel.

KWALITEITSBORGING TIJDENS HET BOUWPROCES

Om al in een vroeg stadium helder te krijgen welke eindprestatie de opdrachtgever verlangt bij een geplande renovatie of nieuwbouw (‘een school die net aan de wettelijke ventilatie-eisen voldoet’ of ‘een school waarvan de binnenluchtkwaliteit dusdanig is dat ook kinderen met astma goed kunnen functioneren’) kan het nuttig zijn om met 3 klassen prestatie-eisen te werken.

In deze publicatie worden drie kwaliteitsniveaus geïntroduceerd: klasse A: ‘zeer goed’; klasse B: ‘goed’, en: klasse C: ‘acceptabel’.

Afhankelijk van het door de opdrachtgever gewenste kwaliteitsniveau kan met behulp van de in tabel 5 van paragraaf 4.3 gepresenteerde eisen bepaald worden welke technische eisen verder gehanteerd dienen te worden.

EXTRA INVESTERING LOONT

Een meer dan gemiddeld goed binnenmilieu (bv. klasse B in plaats van klasse C) kost natuurlijk extra geld, maar de (soms verborgen) extra opbrengsten zijn legio en worden bij voorkeur mede afgewogen tijdens de besluitvorming.

KLASSE A,B,C INSTALLATIES

Indien met behulp van de informatie uit dit rapport bepaald is wat het binnenmilieu-ambitieniveau is binnen een specifiek project, dan kan vervolgens het installatieconcept bepaald worden. Hiertoe zijn voor elke kwaliteitsklasse (A,B,C) enkele installatieconcepten uitgewerkt. Daarbij worden zowel natuurlijke ventilatie varianten als mechanische ventilatie varianten behandeld.

HOE VERDER?

Voortbouwend op deze voorstudie zal door ISSO (Instituut voor Studie en Stimulering van Onderzoek op het gebied van Gebouwinstallaties) een technische publicatie worden uitgebracht, onder andere met financiering door TVVL. Deze publicatie zal verder uitgewerkte richtlijnen en voorbeelden van oplossingen voor veilige, gezonde en de productiviteit bevorderende scholen bevatten. De voorbereidende werkzaamheden voor deze publicatie zijn inmiddels opgestart en op basis van het daaraan gerelateerde tijdschema verwachten wij dat de voornoemde ISSO-publicatie medio 2007 beschikbaar zal zijn.

Ook zal de TVVL werkgroep die deze publicatie schreef betrokken blijven in de REHVA taskforce 'Indoor Environment and Energy in schools'.

VOORWOORD

“De school is de sociale arena waarin onze kinderen kennis, waarden en normen worden bijgebracht. De school is daarom cruciaal voor het realiseren van een gezonde, productieve en welvarende samenleving”.

Deze geparafraseerde uitspraak van de bekende Noorse arbeidshygiënist en onderzoeker J.V. Bakke geeft de belangrijke functie van de school goed aan.

Het schoolgebouw moet deze functie zo goed mogelijk ondersteunen. Een goed binnenmilieu is daarvoor een primaire eis.

Uit talloze studies blijkt echter dat het met het binnenmilieu in scholen wereldwijd slecht gesteld is. Vooral in basisscholen kan het binnenmilieu met recht een onderontwikkeld domein worden genoemd. Veel adviseurs en ontwerpers denken dat voor verbetering geen geld beschikbaar is, en schoolbesturen hebben de neiging zich daarbij neer te leggen. Vanuit deze apathie wordt dan gekozen voor de status-quo of voor standaardoplossingen die in het verleden betaalbaar bleken. Voor verbeteringen is dit uiteraard een fatale instelling.

TVVL heeft het initiatief genomen deze situatie te doorbreken. Mobilisatie van expertise, nationaal en internationaal, zal moeten en kunnen leiden tot nieuwe en doeltreffende oplossingen voor zowel bestaande als nieuwe schoolgebouwen.

Deze Voorstudie is hiervan de eerste stap. TVVL zal zich inspannen om op basis van deze publicatie en in samenwerking met de bouwwereld te komen tot nationale richtlijnen voor het binnenmilieu in scholen.

De eerste uitgave van deze voorstudie uit 2004 gaf aanleiding tot enkele vragen/opmerkingen; de daaruit voortvloeiende aanpassingen zijn in deze herziene versie meegenomen.

Technische Raad van TVVL

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING.....	3
VOORWOORD.....	6
1. INLEIDING	9
1.1 AANLEIDING VOOR HET ONDERZOEK	9
1.2 EUROPESE CONTEXT	9
1.3 DOEL VOORSTUDIE	10
1.4 DOELGROEP	10
1.5 AFBAKENING	10
2. SCHOLEN, BINNENMILIEU & GEZONDHEID	11
2.1 INLEIDING.....	11
2.2 DEFINITIE BINNENMILIEU	11
2.3 FACTOREN DIE BINNENMILIEUKWALITEIT BEÏNVLOEDEN	13
2.4 BINNENMILIEU & COMFORT	14
2.5 BINNENMILIEU & GEZONDHEIDSKLACHTEN	14
2.6 BINNENMILIEU, ASTMA EN ALLERGIEËN	15
2.7 INVLOED OP LEERPRESTATIES	18
2.8 ZIEKTEVERZUIM & PRODUCTIVITEIT LEERKRACHTEN	20
3. BESTAANDE BOUW	21
3.1 OMGAAN MET KLACHTEN.....	21
3.2 OORZAKEN BINNENMILIEUPROBLEMEN IN KAART BRENGEN	23
4. NIEUWBOUW & RENOVATIE: STARTFASE	29
4.1 INLEIDING.....	29
4.2 PROBLEMEN BIJ DE STARTFASE.....	29
4.3 WERKEN MET 3 KWALITEITSKLASSEN.....	32
4.4 KOSTENCONSEQUENTIES (PER KLASSE)	35
5. NIEUWBOUW & RENOVATIE: INSTALLATIECONCEPTEN.....	37
5.1 INLEIDING.....	37
GECONTROLEERDE NATUURLIJKE VENTILATIE VOOR SCHOLEN	38
5.2 KLASSE A INSTALLATIECONCEPTEN	39
1. MECHANISCHE LUCHTTOEVOER (MET NAVERWARMING, -KOELING)	43
5.3 KLASSE B INSTALLATIECONCEPTEN	44
INNOVATIEVE VENTILATIESYSTEMEN VOOR KLASSE B SCHOLEN.....	48
5.4 KLASSE C INSTALLATIECONCEPT	49
5.5 OPMERKINGEN T.A.V. CONCEPTUITWERKING	52
5.5 OPMERKINGEN T.A.V. CONCEPTUITWERKING	53
5.6 ADVIEZEN T.A.V. INGEBRUIKNAME EN BEHEER	54
6. NAWOORD	55
LITERATUUR & WEBSITES	56

BIJLAGE A: VERKORTE VRAGENLIJST KLACHTENONDERZOEK^{© BBA}	59
BIJLAGE B: WETTEN, NORMEN & RICHTLIJNEN	60
BIJLAGE C: VENTILATIE VAN SCHOLEN & BOUWBESLUIT	63
BIJLAGE D: BEVINDINGEN PRAKTIJKMETING.....	66

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

Je hoeft er de kranten maar op na te slaan: het binnenmilieu in de Nederlandse basisscholen is vaak erg slecht. Vaak vele malen slechter dan het binnenmilieu in de onze kantoorgebouwen. En dat terwijl kinderen juist gevoeliger zijn voor bv. een slechte binnenlucht dan volwassenen (hun organen zijn nog in ontwikkeling).

Ook onderzoek van bv. GGD-en en de TU Eindhoven (zie het aparte kader) bewijst dat de binnenmilieukwaliteit op basisscholen vaak erg slecht is.

Binnen TVVL bestond al langer het idee om als installatie-sector 'iets' te doen rond het thema binnenmilieu in basisscholen. Vooral omdat het hier een belangrijk maatschappelijk probleem betreft dat een duidelijke link heeft met het ontwerp, beheer en onderhoud van klimaatinstallaties in gebouwen. Ook al gaat het hier om een sector waar de huisvestingbudgetten (nog) vaak dusdanig laag zijn dat er qua binnenmilieukwaliteit en installaties 'weinig eer is te behalen'.

Dat 'iets' doen bestond allereerst uit het oprichten van een TVVL werkgroep 'Kwaliteitsverbetering binnenmilieu in basisscholen'. De eerste tastbare 'output' van deze werkgroep ligt voor u: een voorstudie getiteld 'Installatietechnische oplossingen voor een gezonde, prestatiebevorderende basisschool'.

Binnenmilieu in basisscholen bedroevend slecht

Er is al veel onderzoek gedaan naar de kwaliteit van het binnenmilieu in scholen. Uit al deze onderzoeken blijkt dat het slecht gesteld is met de kwaliteit van het binnenmilieu in scholen: de lucht is muff, het is er vaak te warm, er komen veel koudeklachten ten gevolge van enkel glas en slechte isolatie voor, er zijn tochtklachten bij de ramen 's winters, het is te vochtig en de verstaanbaarheid is vaak slecht in de lokalen door galmen in de lokalen en hinder van geluid van buiten. Het meest recente onderzoek is gedaan door de GGD Regio IJssel-Vecht. Uit dit onderzoek blijkt dat in 80% van de onderzochte scholen de binnenmilieukwaliteit slecht is. De onderzoekers concludeerden dat dit komt doordat adequate ventilatievoorzieningen ontbreken en doordat er te weinig wordt geventileerd (bv. ramen niet vaak genoeg worden open gezet).

Wat betreft de ernst van de situatie; CO₂-concentraties van 1500, 2000 en soms zelfs meer dan 2500 ppm zijn niet ongewoon op veel basisscholen. Terwijl de formele grenswaarde bij 1200 ppm ligt en de CO₂concentratie op bv. kantoren meestal lager dan 700-800 ppm is.

In het voorjaar van 2004 zijn er door de TU Eindhoven onderzoeken uitgevoerd naar de binnenmilieukwaliteit in basisscholen en het mogelijke effect hiervan op de leerprestaties. In bijlage D zijn voor 1 van de onderzochte scholen gepresenteerd. Ook hier bleek de CO₂ concentratie weer extreem hoog te liggen gedurende een aanzienlijk deel van de dag, hetgeen wijst op gebrekkige ventilatievoorzieningen en niet optimaal 'ventilatie-gedrag'.

1.2 Europese context

Nederland en de TVVL staan niet alleen waar het het onderwerp binnenmilieu op basisscholen betreft: Region 1 van de REHVA (waar ook Nederland deel van uit maakt) heeft naar aanleiding van de binnenmilieuproblematiek in scholen een 'work statement' opgesteld getiteld "*Engineering solutions for a healthy, productive and energy efficient indoor environment in schools*". Dit onderzoeksvoorstel is door de board van REHVA goedgekeurd en zal te zijner tijd worden uitgewerkt in een 'research proposal' waarvoor financiële steun wordt aangevraagd bij de Europese Commissie.

Dit REHVA scholen project zal uiteindelijk een nieuw *REHVA Guidebook* moeten opleveren. Dit *Guidebook* zal op basis van wetenschappelijk onderzoek en praktijkervaringen direct bruikbare oplossingen bieden voor het ontwerp, de realisatie en het beheer van schoolgebouwen. Met daarbij natuurlijk het accent op de voorzieningen voor verwarming en ventilatie. Basisuitgangspunt van dit

Guidebook zal zijn 'verbetering van de kwaliteit van het binnenmilieu in nieuwe en bestaande schoolgebouwen bij zo laag mogelijke exploitatiekosten'.

TVVL wil met behulp van de voor u liggende voorstudie een extra duwtje geven aan het REHVA project waardoor de REHVA scholen werkgroep, na goedkeuring door de Europese Commissie, een vliegende start zal kunnen maken. Voor eventuele vervolgacties na afronding van deze voorstudie zie ook hoofdstuk 6 'Nawoord'.

1.3 Doel voorstudie

Het doel van dit vooronderzoek was: 'een hanteerbaar naslagwerk te maken waar TVVL-leden, bij het ontwerp, de installatie en het onderhoud van klimaatinstallaties in basisscholen, direct mee aan de slag kunnen om de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen te verbeteren'.

In dit rapport zijn principe-oplossingen gepresenteerd (installatieconcepten) voor het ontwerp, de realisatie en het beheer en onderhoud van klimaatinstallaties ten behoeve van schoolgebouwen. Doordat in het rapport o.a. de extra kosten van een goed binnenmilieu (een goede installatie) worden uitgezet tegen de baten (hard en zacht) krijgt de lezer tevens informatie in handen om opdrachtgevers te overtuigen van het belang van voldoende investeren in het binnenmilieu in basisscholen.

De gepresenteerde installatieconcepten zullen in een nog te doen verschijnen ISSO publicatie verder in detail worden uitgewerkt.

1.4 Doelgroep

Dit rapport is primair bedoeld voor leden van de TVVL en dan met name de Werktuigbouwkundig adviseurs en installateurs die zich met het ontwerp, de installatie, en het beheer en onderhoud van klimaatinstallaties in basisscholen bezig houden.

Daarnaast kan het rapport ook gebruikt worden door bijvoorbeeld architecten, beheerders van schoolgebouwen, schoolbesturen en (arbo-) adviseurs die zich met de bouw en het beheer van scholen bezig houden. Voorwaarde is wel dat deze al enige basiskennis bezitten over binnenmilieu en installaties.

1.5 Afbakening

Het onderzoek richt zich op een kwaliteitsverbetering van het binnenmilieu in *basisscholen*. Met enige reserves is een deel van de aanbevelingen ook te gebruiken voor andere typen onderwijsgebouwen.

Verder richt dit rapport zich met name op de twee binnenmilieu aspecten binnenluchtkwaliteit en thermisch binnenklimaat. Dit aangezien deze het sterkst klimaatinstallatie gerelateerd zijn.

Uiteraard zijn andere aspecten, denk aan bv. geluid, verlichting, daglichttoetreding en uitzicht tevens van belang. Daar wordt in dit rapport echter verder niet op ingegaan. Wel met 1 uitzondering waar het geluid betreft: installatiegeluid.

Slechte ventilatie op basisscholen

AMSTERDAM – De ventilatie op basisscholen is volstrekt onvoldoende. Dat blijkt uit onderzoek van diverse GGD's. De gevolgen zijn slechte leer- en docerprestaties, hoofdpijn en een hoge kans op infectieziekten. Behalve het ontbreken van goede ventilatievoorzieningen, is een oorzaak het slechte 'ventilatiegedrag' van docenten. Deuren en ramen worden te weinig opengezet.

(Bron: Trouw, juni 2004)

2. SCHOLEN, BINNENMILIEU & GEZONDHEID

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het belang van een goed binnenmilieu op school. De reden?

Men kan nog zulke mooie installatietechnische oplossingen bedenken voor basisscholen, maar zolang gemeenten en schoolbesturen en andere 'decision makers' niet overtuigd zijn van het nut van (extra) investeren in de binnenmilieu-kwaliteit zullen echt gezonde scholen met bv. werkelijk adequate ventilatiesystemen een utopie blijven.

2.2 Definitie binnenmilieu

In deze studie verstaan we onder het binnenmilieu de combinatie van binnenluchtkwaliteit en het thermisch binnenklimaat. Ook de aspecten geluid (bijvoorbeeld installatiegeluid, verkeerslawaaï, akoestiek van de ruimte), licht en verlichting worden soms meegenomen als men het over binnenmilieu heeft, maar in de context van dit rapport worden de deelaspecten licht en geluid (geluid van installaties uitgezonderd) buiten beschouwing gelaten.

Bekijken we allereerst het aspect *binnenluchtkwaliteit*: De binnenlucht kan verontreinigd zijn door 3 typen van verontreinigingen, te weten:

- chemische agentia: o.a. stikstofdioxide, ozon en vluchtige organische stoffen (VOS);
- deeltjes: (fijn) stof, asbest-, steen- en glaswolvezels;
- biologische agentia: o.a. (huisstof)mijten, huisdierallergenen, schimmelsporen en pollen.

In tabel 1 zijn voor een aantal specifieke stoffen / agentia die vaak in de binnenlucht voorkomen de meest voorkomende bronnen weergegeven. Opgemerkt wordt dat dit overzicht niet volledig is, maar wel een duidelijk indruk geeft van de veelheid aan factoren (bouwkundig, installatietechnisch, omgeving, gebruikersgedrag et cetera) die de kwaliteit van de binnenlucht beïnvloeden.

Het *thermisch binnenklimaat* betreft het geheel aan omgevingsparameters die de thermische gewaarwording van de mens beïnvloeden. We onderscheiden hierbij de algemene thermische behaaglijkheid (het warm of koud hebben) en lokale thermische behaaglijkheid.

De algemene thermische behaaglijkheid wordt bepaald door:

- de luchttemperatuur;
- de gemiddelde stralingstemperatuur;
- de luchtvochtigheid;
- de luchtsnelheid;
- het activiteitsniveau (metabolisme), en
- de thermische isolatie van de kleding.

Wat betreft lokale thermische behaaglijkheid: hieronder verstaat men bijvoorbeeld tocht en hinder ten gevolge van koude vloeren. De temperatuur in de ruimte is dan op zich goed, desondanks koelt een deel van het lichaam te sterk af of warmt het teveel op.



Tabel 1: Bronnen en agentia van binnenluchtkwaliteit

	AGENTIA	BRON												
		Verkeer (Uitlaatgassen)	Bouwmaterialen / Constructie	Isolatiematerialen	Ventilatie systeem	Warm water installaties	(Vochtige) kruipruimte	Inrichting (vloerbed, verf)	Kantoorapparatuur (Printers / copiers)	Personen zelf	Roken	Schoonmaak middelen	Verbrandingsgass en (geisers en gasfornuis)	Planten / groen
Deeltjes	Fijn stof	•	•		•			•	•	•	•		•	
	Asbest	(•)	•	(•)	(•)			(•)						
	Steenwol		•	•	•									
	Glaswol		•	•	•									
Microbiologische factoren	(Huisstof) mijten		•				•	(•)						
	Schimmelsporen		•		•		•	(•)						•
	Pollen													•
	Bacteriën algemeen		•		•	•	•	•		•				•
	Legionella bacterie				(•)	•								
	Bio-effluenten / lichaamsgeur									•				
Chemische agentia	Stikstofdioxide (NO ₂)	•									•		•	
	Ozon (O ₃)	•							•					
	Koolstof Monoxide (CO)	•				•					•		•	
	Koolstofdioxide (CO ₂)	•				•				•	•		•	
	Vluchtige Organische Stoffen (VOS)	•	•	(•)	•	(•)		•	•	•	•	•		(•)
	Formaldehyde (HCOH)		•	•				•			•			
	Radon (Rn)		•				•							
	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)	•									•		•	

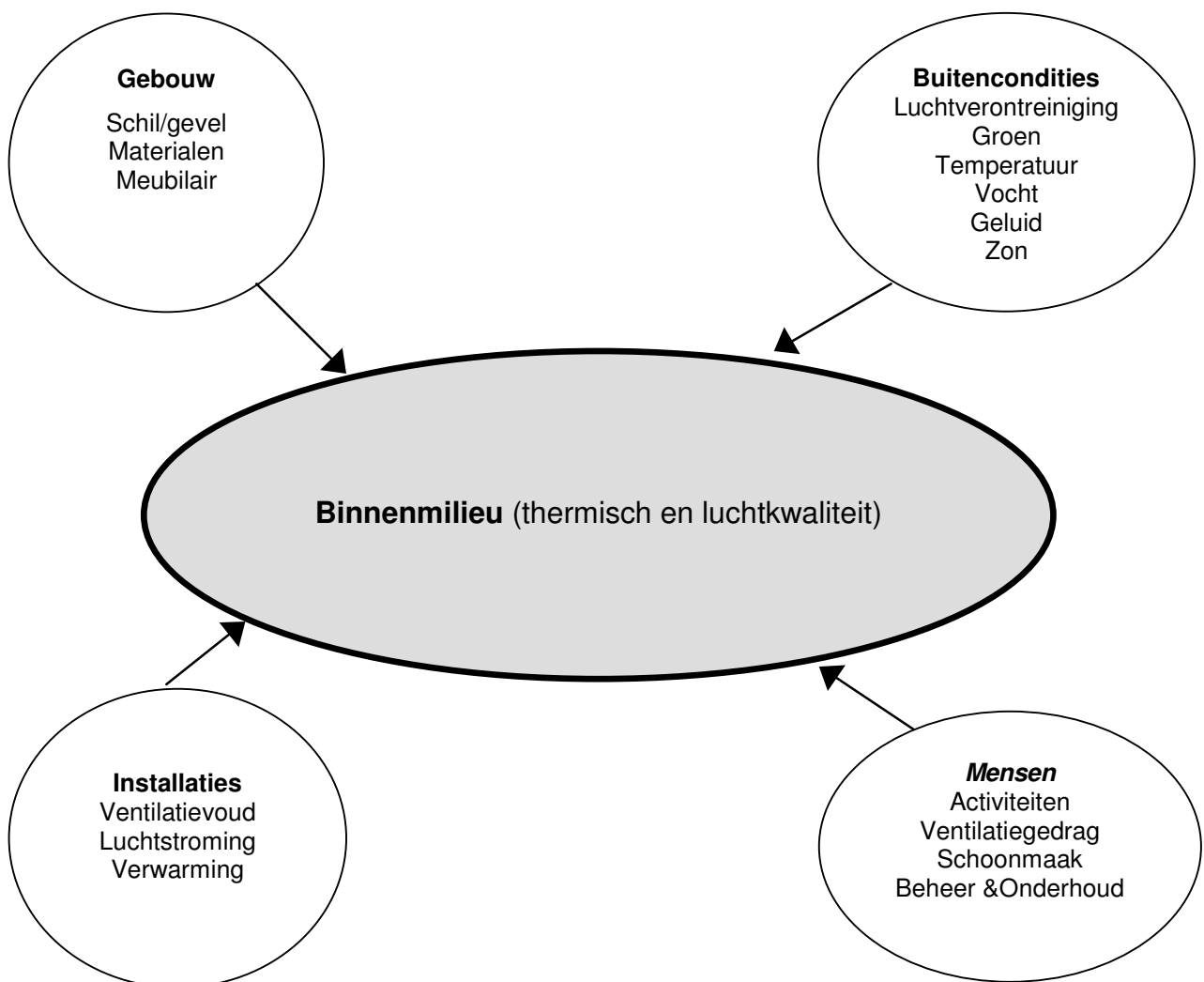
2.3 Factoren die binnenmilieukwaliteit beïnvloeden

Een complex aan factoren bepaalt de kwaliteit van het binnenmilieu in schoolgebouwen.

Deze factoren kunnen – ook voor scholen - worden onderverdeeld in de volgende categorieën: buitencondities, gebouw, installaties, mensen en activiteiten. Uit de figuur hieronder blijkt duidelijk dat een goed binnenmilieu niet alleen met een goed ontwerp van gebouw en installaties wordt gerealiseerd. Ook een adequaat beheer en onderhoud en een afgewogen inrichting is belangrijk evenals een verantwoord gebruik van de voorzieningen door de gebouwgebruikers.

Zowel wanneer sprake is van binnenmilieuproblemen in bestaande scholen (zie hoofdstuk 3) als bij het ontwerp van nieuwe scholen c.q. renovaties zal altijd expliciet rekening gehouden dienen te worden met het multifactoriële karakter van het fenomeen binnenmilieu.

Factoren die de kwaliteit van het binnenmilieu beïnvloeden:



2.4 Binnenmilieu & comfort

De kwaliteit van de binnenlucht en het thermisch binnenklimaat heeft allereerst effect op het welbevinden en de behaaglijkheid van de gebouwgebruikers.

Effecten op de behaaglijkheid treden vrijwel direct op. Bij comfortklachten ten gevolge van het thermisch binnenklimaat (bijvoorbeeld als gevolg van te hoge temperaturen of wisselende temperaturen) kan het iets langer duren voordat deze klachten optreden.

Blootstelling aan een slechte binnenluchtkwaliteit resulteert direct (met name bij binnenkomst) in geurhinder (olfactisch discomfort) en klachten als 'muf, bedompt'.

Bij thermisch discomfort kan men denken aan klachten over:

- te warm;
- te koud;
- wisselende temperaturen;
- tocht;
- last van koudestraling;
- warme of koude voeten (vloeren)

In basisscholen met een binnenmilieuprobleem zullen zowel de leerkrachten als de leerlingen genoemde klachten ondervinden. Met de opmerking hierbij dat de ervaring leert dat de tolerantiedrempel in de praktijk vaak erg hoog ligt in scholen.

2.5 Binnenmilieu & gezondheidsklachten

Een slecht binnenmilieu kan daarnaast leiden tot diverse gezondheidsklachten, welke kunnen worden onderverdeeld afhankelijk van of ze korte dan wel lange termijn effecten hebben op de gezondheid

Korte termijn effecten treden op na één enkele blootstelling of na herhaaldelijke blootstelling, meestal binnen 24 uur (of hooguit een paar dagen) na blootstelling. Deze korte termijn effecten zijn meestal van korte duur en omkeerbaar. Vaak kan de klacht direct verholpen worden door de oorzaak (bron) te verwijderen.

Voorbeelden van korte termijn effecten ten gevolge van onvoldoende luchtkwaliteit zijn:

- Irritaties aan ogen / rode ogen;
- Klachten over droge keel / keelirritatie;
- Verstopte neus / loopneus;
- Hoofdpijn;
- Ongewone vermoeidheid (m.n. aan het einde van de dag);
- (Ongewone) Duizeligheid.

Wanneer in een school sprake is van een combinatie van dit soort klachten dan spreekt men ook wel over gebouwgerelateerde gezondheidsklachten of 'Sick Building klachten'.

Andere korte (soms middellange) termijn effecten met meer ernstige gevolgen voor de gezondheid zijn:

- Vergiftiging t.g.v. koolmonoxide vergiftiging (symptomen zijn bv. hardnekkige hoofdpijn en sufheid);
- Veteranenziekte t.g.v. blootstelling aan met de Legionella bacterie besmette aerosolen (zeer kleine waterdruppeltjes) in de lucht;
- Astma-aanvallen en sensibilisatie van kinderen met een genetische aanleg voor astma;
- Verergering van allergieën;
- Oplopen van infecties (bv. griep, verkoudheid).

Koolmonoxide vergiftiging in scholen komt relatief zelden voor. Wat betreft het risico op Legionella-besmetting: hiervoor zijn in het recente verleden acties genomen om blootstelling op school te voorkomen.

Wat betreft het derde en vierde punt (astma en allergieën): hierop zal apart worden ingegaan in paragraaf 2.6.

Ten aanzien van het laatste punt (oplopen van extra infecties) het volgende:

In basisscholen is de overdracht van bio-aerosolen ('biologische' deeltjes zoals bacteriën en virussen) tussen leerlingen een belangrijk (maar vaak over het hoofd gezien) fenomeen.

Bio-aerosolen komen in de lucht door bv. hoesten en niezen en kunnen infecties overdragen via de lucht. Uit onderzoek blijkt dat het risico op de overdracht van infectieziekten het grootst is in ruimten waar relatief veel mensen (kinderen) dicht op elkaar zitten. Een klaslokaal is daarom een groot risico, zeker op scholen met een relatief hoge bezettingsgraad (relatief veel kinderen samen in 1 klas). Een kind met griep of bv. de mazelen kan in korte tijd een groot aantal andere leerlingen besmetten.

Het verband tussen ventilatiedebieten en infectierisico is onderzocht door o.a. Nardell, Keegan et al. (1991). Wat blijkt? Adequate ventilatie en voldoende verse luchttoevoer is, vooral in de winterperiode wanneer veel mensen verkouden zijn en griep hebben, een goed middel om de concentratie van bio-aërosolen en bacteriën in de lucht te beperken. Met als gevolg: minder infectieziekten bij zowel de kinderen als de leerkrachten.

Tot slot, voorbeelden van korte termijn effecten op de gezondheid ten gevolge van een inadequaat *thermisch* binnenklimaat zijn:

- Hoofdpijn (bijvoorbeeld bij te hoge temperaturen);
- (Ongewone) Vermoeidheid;
- Duizeligheid;
- Achteruitgang van motoriek (bij te lage temperaturen).

2.6 Binnenmilieu, astma en allergieën

Uit onderzoek blijkt dat juist kinderen extra gevoelig zijn voor een slecht binnenmilieu. Kinderen zijn fysiek nog in ontwikkeling (ook organen als bijvoorbeeld de longen) en zullen in vergelijking met (gezonde) volwassen eerder de consequenties van binnenluchtvervuiling ondervinden. Als kinderen binnen zijn is dit met name thuis en op school. Dus vanuit het kind gerelateerd is het met name belangrijk dat het binnenmilieu thuis (bijvoorbeeld de woonkamer en met name de slaapkamer) gezond is en het binnenmilieu op school.

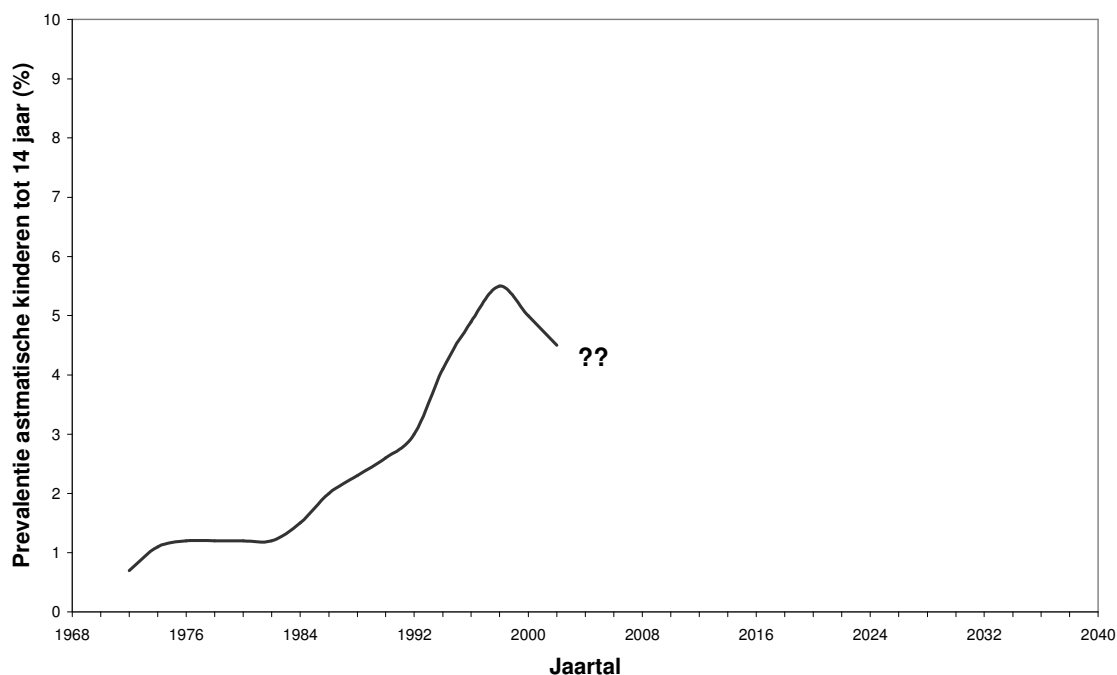
Het aantal kinderen met luchtkwaliteitgerelateerde gezondheidsklachten wordt vaak onderschat. Anno 2006 heeft zo'n 5 à 10% van de kinderen in mindere of meerdere mate last van astma en ca. 10% heeft last van diverse allergische klachten.

Dit betekent dat in een schoolklas van 25 leerlingen al snel 2 à 3 leerlingen astmatisch zijn terwijl er nog een stuk of 3 anderen andere (binnenmilieu gerelateerde) allergieën hebben. De stoffen waar men dan allergisch voor is zijn bijvoorbeeld de huisstofmijt (faeces ervan), kat en hond (huidschilfers en haren), pollen en in sommige gevallen ook schimmels (schimmelsporen) en bijvoorbeeld vogels (veertjes e.d.) en kakkerlakken (faeces).

In de afgelopen twintig jaar is het aantal kinderen met astmatische en allergische klachten verdubbeld. De laatste cijfers laten echter een daling van het aantal astmatische kinderen zien. Het is onduidelijk of deze trend zich verder voort zal zetten, zie figuur 1.

Er bestaat nog veel onduidelijkheid omtrent het ontstaan van astma en allergieën. En ook over de oorzaak van de toename van het aantal kinderen met astma zijn de medisch milieukundige specialisten het niet eens. Zie ook het apart kader 'Meer kinderen met astma door te schone scholen?'.

Over één ding zijn de wetenschappers het wel eens: indien kinderen eenmaal astmatisch of allergisch zijn, zijn ze zonder twijfel gebaat bij een schone en gezonde omgeving zonder prikkelende stoffen in de lucht. Een gezonde en schone omgeving, zoveel mogelijk vrij van allergenen (huisstofmijt, kataallergenen, pollen e.d.) en andere irriterende stoffen (denk bijvoorbeeld aan chemische luchtjes of zwevend stof) vermindert namelijk de kans op astma-aanvallen. Door kinderen met astma en andere luchtwegaandoeningen zo min mogelijk bloot te stellen aan prikkels ontwikkelt de ziekte zich minder sterk, met alle voordelen voor hun dagelijks functioneren en hun toekomstige gezondheid.



Figuur 1: Voorkomen van het aantal astmatische kinderen tot 14 jaar. Bron: CMR te Nijmegen (Continue Morbiditeits Registratie Nijmegen, UMC St. Radboud, afdeling Huisartsgeneeskunde, Nijmegen).

Overigens: ook ongeveer 5 à 10% van de *volwassenen* leidt aan een luchtwegziekte als gevolg van een allergie voor één of meer stoffen. Dus ook voor een deel van de leerkrachten is het van belang dat de binnenlucht zoveel mogelijk vrij is van allergenen (stoffen die bij inademing aanleiding geven tot allergische reacties) (Bronswijk, 1998; Gorter et al, 2003).

Het Astmafonds onderstreept eveneens het belang van een goede binnenmilieukwaliteit op scholen. Het Astmafonds geeft aan dat het voor kinderen in het algemeen en kinderen met astma, allergie en overgevoelige luchtwegen in het bijzonder, belangrijk is dat de kwaliteit van het binnenmilieu in scholen wordt verbeterd. Bijvoorbeeld door het wegnemen van verontreinigingsbronnen (aankom bij de bron), door een verbeterde ventilatie, door een goede schoonmaak en extra aandacht voor het binnenmilieu bij renovatie en nieuwbouw.

Meer kinderen met astma door te schone scholen?

Het aantal kinderen met astma en andere luchtwegallergieën is de laatste jaren enorm toegenomen. De laatste cijfers laten een daling zien van het aantal astmatische kinderen. Er is veel discussie over het ontstaan van astma en allergieën en de toename ervan gedurende de afgelopen jaren.

Bepaalde wetenschappers suggereren dat de toename van het aantal allergische kinderen te maken heeft met het slechte buitenmilieu (emissies van chemische stoffen door verkeer en industrie), met slechte voeding of met de slechte kwaliteit van het binnenmilieu, waarin *te veel* prikkelende stoffen (zoals de huisstofmijt, huidschilfers van dieren en tabaksrook), ziekteverwekkende bacteriën en virussen aanwezig zouden zijn. Het zou hier met name gaan om blootstelling gedurende de eerste 3 of 4 levensjaren.

Er zijn echter ook wetenschappers die beweren dat ons afweersysteem door een te schone leefomgeving vaker voor niets in het geweer komt, omdat het te weinig op de proef wordt gesteld door infecties en andere bedreigingen. Hierdoor ontwikkelt ons afweersysteem zich minder goed waardoor we vatbaarder zijn voor het ontwikkelen van astma en/of allergieën. Uit deze stelling, ook wel de *hygiënehypothese* genoemd, kan men opmaken dat kinderen van jonge leeftijd dus het beste zoveel mogelijk blootgesteld kunnen worden aan o.a. prikkelende stoffen en bacteriën zodat er een bepaalde weerstand opgebouwd wordt waardoor kinderen op latere leeftijd minder astma en allergieën ontwikkelen.

Scandinavisch onderzoek (Bornehag, 2002) lijkt de hygiënehypothese te “bewijzen”: kinderen die opgegroeid zijn op een boerderij hebben minder vaak astma dan andere kinderen. Volgens de onderzoeker heeft dit vermeende effect echter te maken met de veel intensievere blootstelling van boerderijkinderen aan vuil, bacteriën, graspollen e.d. waardoor het afweersysteem van jongs af aan “getraind” wordt. Dit onderzoek bevestigt de hygiënehypothese dus, maar er zijn ook andere onderzoeken die op het tegenovergestelde wijzen.

Of astma en allergieën nu juist ontstaan door een te schone leefomgeving waardoor ons afweersysteem onvoldoende getraind wordt of door de slechte buiten- en binnenmilieukwaliteit, over één ding zijn de wetenschappers het wel eens: indien kinderen eenmaal astmatisch of allergisch geworden zijn, dan zijn ze gebaat bij een schone omgeving zonder prikkelende stoffen in de lucht.

Wat betekent dit nu voor de situatie op school? Dat die 15 tot 20% kinderen met astma en andere allergieën zonder met gebaat zijn bij een zo schoon en gezond mogelijke binnenlucht. Aangezien dit percentage zo hoog ligt betekent dit per saldo dat dus elk klaslokaal en elke school eigenlijk ‘allergeenarm’ zou moeten zijn. Anders gezegd: juist op (basis)scholen is een goede binnenluchtkwaliteit essentieel.

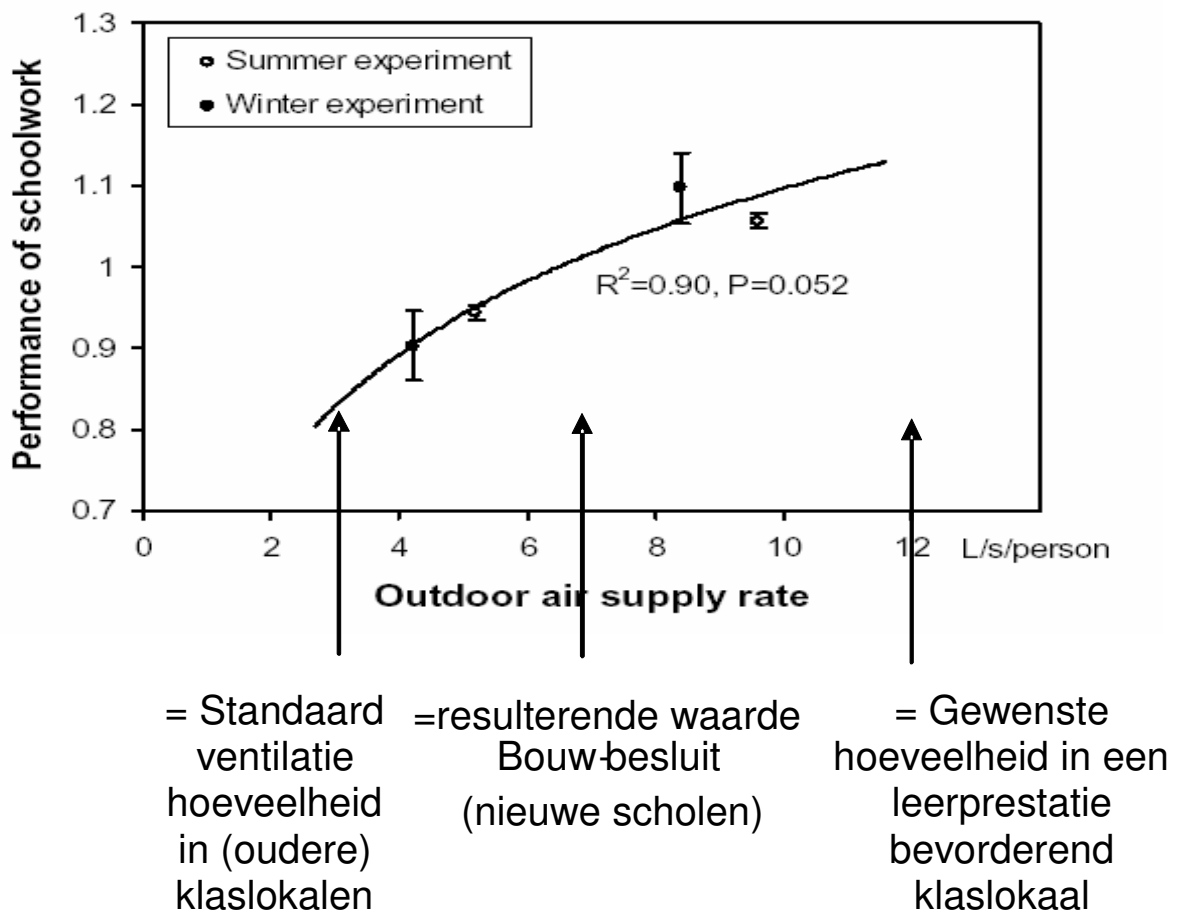
2.7 Invloed op leerprestaties

Niet alleen zal een slecht binnenmilieu op school leiden tot gezondheidsklachten, het heeft ook invloed op de leerprestaties.

Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat kinderen minder goed leren en presteren in een slecht geventileerde en te warme klas.

Uit recent Scandinavisch onderzoek (Wargocki et al., 2005) is bekend dat temperatuur en hoeveelheid ventilatie een effect hebben op de leerprestaties. Zo blijkt dat het verdubbelen van de toegevoerde verse buitenlucht (van 5,2 naar 9,6 l/s per persoon, oftewel van 19 m³/h/p.p. naar 35 m³/h/p.p.) de prestaties met 15% verhoogd! In Nederland (oudere) klaslokalen bedraagt de standaard ventilatie gemiddeld slechts ca. 3,5 l/s/p.p. (oftewel 13 m³/h/p.p.). Zie figuur 2.

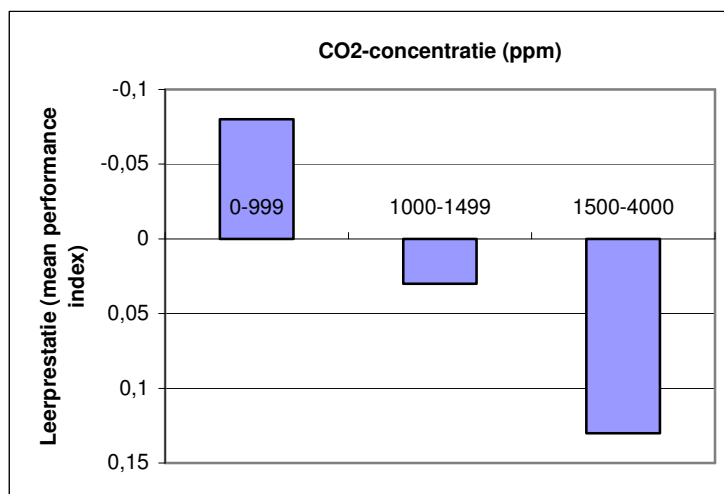
Het verlagen van de temperatuur in de zomer (augustus en september) (van 23,6 naar 20 °C) leidt tot 10% betere score op dictee (acoustic proofreading).



Figuur 2: Relatie tussen de hoeveelheid verse luchttoevoer en de leerprestaties. Bron: Wargocki et al., 2005.

Een eerdere Amerikaanse meta-analyse van beschikbare onderzoeken in scholen (Heath en Mendell, 2002) toonde aan dat vooral de hoeveelheid verse luchttoevoer van invloed is op de prestaties van leerlingen.

Een Noorse veldstudie (Myhrvold et al., 1996) vond een statistisch verband tussen de gemeten CO₂ concentratie en de leerprestaties van de leerlingen. Wat bleek? Hoe hoger de CO₂ concentratie, hoe slechter men presteerde. De CO₂ concentratie is een indicator voor het aantal bio-effluenten (door het menselijk lichaam afgegeven stoffen) in de lucht en daarmee van de hoeveelheid verse luchttoevoer.



Figuur 3. Hoe minder men ventileert, hoe hoger de CO₂ concentratie en des te slechter zijn de leerprestaties (Myhrvold, 1996) (Positieve scores op de y-as corresponderen met slechte leerprestaties en negatieve scores met goede)

De bevindingen van Wargocki et al en Myhrvold et al zijn in overeenstemming met die van anderen. Zo werd door Smedje et al. (1996) aangetoond dat een laag ventilatievoud, een hoge relatieve luchtvochtigheid en hoge concentraties van onder andere stof, formaldehyde en bacteriën leiden tot slechtere leerprestaties.

Meer recentelijk heeft Bakke (1999) onderzoek gedaan naar de invloed van temperatuur op de leerprestaties. Het Noors onderzoek leert ons dat een te hoge temperatuur op school de concentratie bij jongens vermindert terwijl deze (extra) rusteloosheid bij meisjes veroorzaakt.

Momenteel wordt in Nederland door TNO Bouw en Ondergrond een onderzoek gedaan naar CO₂ gestuurde ventilatie in scholen en effecten van luchtkwaliteit op leerprestaties. De resultaten hiervan worden medio 2006 verwacht.

2.8 Ziekteverzuim & productiviteit leerkrachten

Ook bestaan er sterke aanwijzingen dat een slecht binnenmilieu leidt tot een verhoging van het ziekteverzuim onder de *leerkrachten*. Terwijl ze tegelijkertijd minder productief zijn.

Hieronder is aangegeven wat de invloed is van diverse deelaspecten van het binnenmilieu op het ziekteverzuim in kantoren (Leijten et al, 2002). Cijfers voor scholen (leerkrachten) zijn er (nog) niet. Verwacht wordt dat deze eerder hoger zijn (dus nog sterker negatief effect in scholen), gezien het feit dat de binnenmilieukwaliteit in schoolgebouwen meestal vele malen slechter is dan die in kantoorgebouwen.

Kengetallen voor de effecten van het binnenmilieu op het ziekteverzuim (Leijten et al, 2002):

TOTAAL effect slecht binnenmilieu:	1 à 2 procentpunt hoger ziekteverzuim
Luchtvervuilingsbron aanwezig:	1,5 procentpunt hoger verzuim
Onvoldoende verse luchttoevoer:	minimaal 0,5 procentpunt hoger verzuim
Temperatuur (vaak) te hoog of laag:	niet kwantificeerbare verhoging verzuim
Temperatuur slecht regelbaar:	0,5 procentpunt hoger verzuim

Al met al is de verwachting dus dat in een school met een (ernstig) binnenmilieuprobleem het ziekteverzuim aanzienlijk hoger zal liggen dan in een school met goede ventilatievoorzieningen, adequaat werkende verwarming en maatregelen tegen oververhitting. De grootte van het effect is 1 à 2 procentpunt. Dit houdt in dat een school (met een slecht binnenmilieu) waar het ziekteverzuim bv. 8% is, dit verzuim zou kunnen verlagen (middels binnenmilieu verbeterende maatregelen) tot 6 à 7% (8 minus 1 à 2).

Ook de *productiviteit* van 'kenniswerkers' blijkt te worden beïnvloed door de kwaliteit van het binnenmilieu. Ook hiervoor geldt dat er – voor zover bekend bij de auteurs van dit document – nooit onderzoeken zijn uitgevoerd naar de productiviteit onder leerkrachten (voor zover de productiviteit van leerkrachten valt te definiëren natuurlijk). Wel zijn er vele studies gedaan naar de invloed van de luchtkwaliteit en de temperatuur op de productiviteit van bv. kantoorwerkers en medewerkers in callcenters. Voor de laatstgenoemde typen werk blijkt de productiviteit met rond de 10% lager te liggen in situaties met een inadequate luchtkwaliteit en een dito thermisch binnenklimaat. De verwachting is dat dit minstens net zo veel zal zijn in schoolgebouwen.

Verborgene opbrengsten van een binnenmilieu-investering

Stelt u zich een school voor waar elke leerkracht last heeft van (vaak ernstige) gezondheidsklachten. De klachten, zo blijkt uit onderzoek, worden voor een groot deel veroorzaakt door gebrekkige ventilatievoorzieningen (te weinig verse luchttoevoer) plus een sterk verontreinigde (niet schoon te houden) textiele vloerbedekking.

Het ziekteverzuim bedraagt 7,5%. Op basis van de in paragraaf 2.8 genoemde cijfers wordt ingeschat dat minimaal 1,5%punt van die 7,5%punt binnenmilieu gerelateerd is. Denk dan bv. aan het onnodig (extra) oplopen van infectieziekten in de slecht geventileerde lokalen.

Stel dat het schoolbestuur per leerkracht bruto per jaar € 50.000 kwijt is aan personeelskosten.

Een ziekteverzuimvermindering van 1,5%punt is dus 1,5% maal € 50.000 = € 750 waard (per leerkracht).

Stel nu dat er per lokaal (= per leerkracht) € 1500 geïnvesteerd wordt in nieuwe (gladde) vloerbedekking en verbetering van de ventilatievoorzieningen.

Dan bedraagt de terugverdientijd van die investering dus 2 jaar. Anders gezegd: door de verwachte ziekteverzuimverlaging zal de investering in nieuwe vloerbedekking en betere ventilatie na 2 jaar zijn terugverdiend en zal het schoolbestuur vanaf jaar nummer 3 elk jaar extra geld overhouden (in vergelijking tot de situatie voor de binnenmilieu-investering)!

3. BESTAANDE BOUW

Waar het om bestaande scholen gaat (geen nieuwbouw of verbouw dus) daar kan de installateur of werktuigbouwkundig adviseur op verschillende momenten te maken krijgen met binnenmilieuproblemen.

Bijvoorbeeld wanneer men tijdens reguliere onderhoudswerkzaamheden geconfronteerd wordt met ad hoc klachten over het thermisch binnenklimaat en de binnenluchtkwaliteit.

Of wanneer men ingeschakeld wordt om een binnenklimaatprobleem nader te onderzoeken. Bijvoorbeeld als men het maar niet warm krijgt 's winters en aangeeft extra verwarming nodig te hebben. Of als er ventilatieproblemen zijn en men de installateur inschakelt om een oplossing te bedenken. Of wanneer het veel te heet is in de lokalen in de zomer en er koeling nodig is volgens de leerkrachten.

Een ander aanleiding kan een energierekening zijn die veel hoger uitviel dan gepland. Ook dan is er een link met comfort en gezondheid.

3.1 Omgaan met klachten

Individuele, ad hoc klachten, over het binnenmilieu komen veel voor. En als installateur of adviseur heeft u er bijna dagelijks mee te maken, bv. tijdens reguliere onderhoudswerkzaamheden.

Als je geconfronteerd wordt met een binnenmilieu klacht is de eerste vraag die bij je opkomt vaak 'is de klacht wel echt, of is het psychisch?'

Het is gebleken dat mensen die in verhoogde mate 'stress ervaren' ook relatief veel binnenklimaatklachten hebben (Hodgson, 1997). Dit betekent echter niet dat de klachten van deze mensen over de werkomgeving en de binnenlucht niets te maken hebben met het gebouw en de installaties en dus 'psychisch zijn'. Het is aangetoond dat de mate waarin binnenklimaat klachten voorkomen gerelateerd is aan de kwaliteit van de binnenlucht (bv. de CO₂ concentratie / onvoldoende ventilatie) en de aan- of afwezigheid van risicofactoren (bv. ontbreken van te openen ramen). Oftewel: in gebouwen met onvoldoende ventilatievoorzieningen en een slecht functionerende klimaatinstallatie komen beduidend meer 'sick building klachten' voor dan in gebouwen met goede installaties. Hodgson (1997) omschreef de relatie tussen psychische aspecten en binnenmilieu als volgt: "Werkgerelateerde stress verergert de hinder en klachten van belastende omgevingsfactoren, maar leidt niet tot hinder en klachten zonder de aanwezigheid van belastende omgevingsfactoren".

Dus: als men geconfronteerd wordt met klachten over de temperatuur, over geïrriteerde ogen of een te droge keel dan is de kans zeer groot dat er daadwerkelijk iets aan de hand is met het binnenmilieu en is de kans dat e.e.a. 'ingebeeld' is nihil. Zeker als meerdere personen dezelfde klachten blijken te hebben.

Een aandachtspunt is de wijze waarop binnenklimaatklachten geuit worden. De meeste leerkrachten (en kantoorwerkers) gebruiken hierbij *alledaagse taal*: 'het is hier te warm', 'het tocht hier', 'de lucht is te droog', 'er is hier te weinig zuurstof'. Deze uitspraken moeten serieus genomen worden maar zeker niet altijd letterlijk.

Twee voorbeelden:

- *Voorbeeld 'droge' lucht*

Vaak hoort men in scholen klachten over 'droge lucht'. Personen die deze klacht uiten, hebben een onaangenaam ('prikkend' of 'droog') gevoel aan huid en slijmvliezen. In het dagelijkse taalgebruik wordt dit in verband gebracht met de luchtvochtigheid. Echter, klachten over droge lucht worden zelden veroorzaakt door een te lage luchtvochtigheid en al helemaal niet een slecht geventileerd klaslokaal met 25 'luchtbevochtigers' (leerlingen geven elk ca. 0,25 liter vocht per uur af). Bij metingen van de luchtvochtigheid in een klaslokaal worden dan ook zelden waarden onder de 40% gevonden. Bij 'droge lucht' klachten gaat het in de regel om irritatie van de slijmvliezen van neus, keel en ogen in plaats van 'uitdroging' ervan. De oorzaak van deze slijmvliesirritaties is meestal een 'overdosis' van chemische en biologische verontreinigingen of stof/vezel deeltjes in

de lucht. Dit kan weer veroorzaakt zijn door te weinig verse luchttoevoer (met name 's winters als de ramen dicht blijven), het aantal aanwezige personen / kinderen (ieder mens geeft elk uur een flink aantal verontreinigingen aan de binnenlucht af) plus eventueel de aanwezigheid van andere verontreinigingsbronnen (denk bv. aan printers, verontreinigde vloerbedekking en dito ventilatieroosters, emissies uit nieuwe verflagen of nieuw gelegd tapijt); maar ook (tijdelijk) vervuilde buitenlucht en een te hoge luchttemperatuur binnen kunnen klachten over droge lucht veroorzaken, zo blijkt uit onderzoek (o.a. Sundell, 1994). Soms wordt als reactie op klachten 'over de luchtvochtigheid' besloten om een luchtbevochtiger neer te zetten. Dit middel kan erger zijn dan de kwaal: dergelijke bevochtigers kunnen van binnen sterk (microbiologisch) verontreinigd raken met als gevolg een verdere verslechtering van de luchtkwaliteit en nog meer slijmvliesirritaties.

- *Voorbeeld 'tocht' op de werkplek*

Het komt met name in oudere schoolgebouwen voor dat leerkrachten en kinderen 's winters in de buurt van ramen last hebben van 'tocht' en 'hinderlijke luchtstromen'. Als verklaring wijst men dan vaak op openstaande binnendeuren en eventuele kier in de gevel. Vaak zal nader onderzoek leren dat het dan niet om hinder door een plaatselijk verhoogde lichtsnelheid gaat (de formele definitie van tocht) maar om zogenaamde koudestraling. Bij koud weer worden vensters zo koud dat diegenen die relatief dicht bij de gevel zitten sterk afkoelen door stralingsuitwisseling met het koude raam. Dit voelt 'als tocht', maar is feitelijk 'discomfort ten gevolge van een te grote stralingsasymmetrie van het lichaam' c.q. hinder door koudestraling.

Kortom: wanneer men geconfronteerd wordt met klachten, dan is het devies: neem klachten serieus, maar neem ze niet altijd letterlijk.

Van geval tot geval zal men moeten bepalen of het een individuele klacht betreft of een algemene klacht. Bijvoorbeeld door ad random een paar leerkrachten te vragen naar hun ervaringen. Van belang hierbij is dat meerdere aspecten gecontroleerd worden. Als er bv. klachten zijn over de ventilatie ('vaak benauwd') is het interessant om ook te weten of men het ook vaak te warm vindt. Vraag dus altijd door naar wat de ervaringen verder zijn en of er verschillen zijn tussen bv. de seizoenen.

Een *systematische inventarisatie* van de klachten heeft de voorkeur en is onder meer mogelijk door gebruik te maken van een vragenlijst. Deze kan door de adviseur of installateur als geheugensteuntje gebruikt worden tijdens het rondlopen. Maar kan ook neergelegd worden in een aantal lokalen met het verzoek aan de leerkrachten e.e.a. in te vullen. Zie bijlage A voor een voorbeeld van een korte binnenmilieu vragenlijst die voor 'quick and dirty' onderzoek in basisscholen is te gebruiken.

Het kost even tijd, zo'n systematische klachteninventarisatie, maar als blijkt dat er sprake is van een algemeen probleem levert de geïnvesteerde tijd misschien extra onderbouwing op van de noodzaak tot uitvoeren van installatietechnische (en andere) verbeteringen.

Zo'n systematische klachteninventarisatie kan ook nuttig zijn voor de toekomst, als de school verbouwd of gerenoveerd dient te worden. Bepaalde klachten (en oorzaken) dienen dan natuurlijk vermeden en uitgesloten te worden door daar bij de verbouwing rekening mee te houden. Ook specifieke werkzaamheden kunnen om bijzondere aanpassingen vragen.

Bijvoorbeeld wanneer het in de bestaande huisvesting vaak erg warm is in het computerlokaal en het handvaardigheidlokaal, dan is dit een reden om in de nieuwe situatie juist in die ruimten te voorzien in extra ventilatievoorzieningen en eventueel additionele lokale koeling.

Merk op dat in elk gebouw wel eens wat aan de hand is, en dat in elk gebouw wel iemand rondloopt die wat gevoeliger is c.q. standaard klachten heeft over het binnenklimaat. Dus als u met bv. 7 leerkrachten heeft gesproken en 2 hebben het vaak te warm en 1 heeft geregeld last van geïrriteerde ogen dan is er niet per definitie sprake van een structureel probleem. Integendeel. Blijkt echter dat 6 van de 7 het zowel 's zomers als 's winters te warm hebben terwijl 5 van de 7 vaak (wekelijks) last hebben van droge en benauwde lucht dan is er waarschijnlijk wel iets structureels aan de hand en zijn nadere acties nodig.

Samengevat zijn de belangrijkste tips bij het omgaan met klachten:

- *Neem klachten serieus (ze zijn zelden 'psychisch'),*
- *Neem klachten niet (te) letterlijk;*
- *Inventariseer systematisch wat de klachten precies zijn, en:*
- *controleer of het om een individuele klacht gaat of dat het om meerdere personen gaat.*

3.2 Oorzaken binnenmilieuproblemen in kaart brengen

Soms zijn de oorzaken voor klachten relatief simpel te vinden. Bijvoorbeeld als iedereen erover klaagt dat het 's winters op maandagochtend altijd koud is, terwijl de temperatuur de rest van de week aangenaam is. Bijstellen van het klokprogramma van de verwarmingsketel is dan de oplossing.

Maar vaak is het veel complexer. Stel het blijkt dat een aanzienlijk aantal leerkrachten en leerlingen klagen over te hoge temperaturen en bedompte, droge lucht. In dat geval zal een nadere inventarisatie moeten uitwijzen of slecht functionerende installaties, bouwkundige gebreken of niet optimaal gebruik van de voorzieningen door de leraren de oorzaak is.

De praktijk leert dat de binnenklimaatklachten in scholen vaak door een combinatie van oorzaken veroorzaakt worden. Die oorzaken zijn meestal niet alleen puur installatietechnisch van aard.

In onderstaande tabel zijn voorbeelden van veel voorkomende (combinaties van) oorzaken genoemd voor klachten over de luchtkwaliteit en het thermisch binnenklimaat in schoolgebouwen. De lijst is gebaseerd op een uitgebreide screening van de nationale en internationale vakliteratuur (o.a. Boerstra en Leijten, 2000, Boerstra et al, 2003). Het gaat dus om gebouw- en installatie-kenmerken waarvan wetenschappelijk bewezen is dat ze vaak klachten veroorzaken.

Tabel 2: Veel voorkomende oorzaken voor gebouwgerelateerde gezondheidsklachten in schoolgebouwen (gebaseerd op o.a. Boerstra en Leijten, 2000)

Hoofdoorzaak	Deeloorzaak	Toelichting
ONTWERP GEVEL	Geen of onvoldoende te openen ramen; soms ook te grote te openen delen of te openen delen die te laag zitten	Betekent dat leerkrachten de hoeveelheid verse luchttoevoer niet af kunnen stemmen op de momentane behoefte (spuien). Bij te grote te openen delen zal iets open zetten van ramen gelijk tot tochtklachten leiden.
	Ventilatioeroosters in gevel zijn van het type 'open – dicht' in plaats van 'zelfregelend, winddrukonafhankelijk'	Gevolg is dat bij koud weer de ventilatielucht gelijk 'valt' na binnenkomst met tochtklachten bij het raam tot gevolg. Bijkomend effect is dat roosters vaak 's winters helemaal dicht gehouden worden met luchtkwaliteitsproblemen als gevolg.
	Relatief grote (zonbelaste) ramen & ontbrekende zonwering	Gevolg is dat er relatief veel zonnearmte binnenkomt met als resultaat temperatuur-problemen, zeker in de tussenseizoenen en 's zomers.
	Koudebruggen & onvoldoende isolatie van gevels of onvoldoende isolerende beglazing	Daar waar sprake is van koudebruggen en te weinig isolatie kunnen vocht- en schimmelproblemen ontstaan en koude- en tocht-klachten.
CONSTRUCTIE	Relatief licht gebouw	Wanneer thermisch werkzame bouwmasse ontbreekt (steenachtige tussenwanden, zware borstwering e.d.), zal de temperatuur in een gebouw te sterk fluctueren onder invloed van warmtebronnen binnen en zoninstraling.

Hoofdoorzaak	Deeloorzaak	Toelichting
	Onvoldoende geïsoleerde dan wel onverwarmde begane grond vloer	Indien de b.g. vloer niet is voorzien van een voldoende isolatie pakket (of vloerverwarming) zal men in de winter klachten hebben over koude voeten. En zeker in de lokalen voor de allerkleinsten (groep 1 en 2 die nog vaak op de grond zitten).
ONTWERP KLIMAATINSTALLATIE	Goede (wand)thermostaatknop ontbreekt Wandthermostaat of thermostatische knoppen van radiatoren e.d. op dusdanig plek dat kinderen deze 'misbruiken' Luchtaanzuigopeningen centrale luchtbehandelingskasten niet op dak Inwendige isolatie van ventilatiekanalen	Onvoldoende mogelijkheden tot beïnvloeding van de temperatuur ('s winters) in de lokalen betekent dat de leerkrachten de temperatuur niet goed naar behoefte in kunnen stellen. Gevolg is een ad random regeling met klachten over vaak te hoge en te lage temperatuur in het stookseizoen. Wanneer het centrale ventilatiesysteem verse buitenlucht aanzuigt op maaiveld niveau (of pal naast weg) zal er in veel situaties sprake zijn van aanzuiging van verontreinigde lucht (uitlaatgassen e.d.); merk op dat een nadeel van (vlak) bovenop het dak aanzuigen kan zijn: te sterk voorverwarmde aanzuiglucht. In oudere, mechanisch geventileerde gebouwen zijn ventilatiekanalen vaak inwendig geïsoleerd (met glaswol); dit kan leiden tot huidirritaties en bv. oogklachten.
ONTWERP VERLICHTING	Ontbreken van energiezuinige (hoogfrequente) verlichting	Bij aanwezigheid van ouderwetse, niet-energiezuinige verlichting is de interne warmte-ontwikkeling onnodig hoog wat leidt tot extra temperatuurklachten.
INRICHTING	Textiele vloerbedekking Geen aparte rookruimte (op onderdruk) (Grotere) Printers en kopieerapparaten in lokalen en op de gang	Gebruik van tapijt op school geeft een verhoogde kans op luchtkwaliteitsklachten en astma-aanvallen (o.a. doordat het moeilijk schoon is te houden). Indien (een goed geventileerde, altijd op onderdruk staande) aparte rookruimte ontbreekt, zijn luchtkwaliteit gerelateerde klachten onvermijdelijk. Opstelling van netwerkprinters en van grotere kopieerapparaten in lokalen en gangen leidt tot (extra) luchtkwaliteit- en temperatuurproblemen. Zeker als afzuigpunten erboven en een bouwkundige afscheiding ontbreken.
GEBRUIK EN BEHEER	Ruimten worden gebruikt voor activiteiten waar deze niet voor	Wanneer bij bestemmingswijziging (bv. een oud magazijn wordt werkruimte)

Hoofdoorzaak	Deeloorzaak	Toelichting
	bedoeld zijn	niet aan aanbrengen extra ventilatievoorzieningen e.d. is gedacht, ontstaan geheid problemen.
	Te hoge bezetting, teveel leerlingen per m ²	In ruimten met een hoge bezettingsgraad is de hoeveelheid warmteontwikkeling en belasting van de luchtkwaliteit hoger dan normaal met alle gevolgen van dien.
ONDERHOUD	Onvoldoende schoonmaak	Als de vloeren, toiletten e.d. onvoldoende worden schoongemaakt zal de luchtkwaliteit in de loop der tijd verslechteren (denk aan zwevend stof, bacteriën).
	(Te veel) recirculatie 's winters	Indien mechanische ventilatiesystemen (uit energie-overweging) zo staan ingesteld dat er bij lage buitentemperaturen relatief veel wordt gerecirculeerd, dan ontstaan luchtkwaliteit-klachten.
	Onvoldoende hygiënisch onderhoud van ventilatie- en verwarmingssystemen	Indien mechanische ventilatiesystemen en andere klimaatinstallaties. onvoldoende schoongemaakt en gedesinfecteerd worden (denk ook aan periodiek reinigen van radiatoren en convectoren, vervangen van filters en het ontstoffen van ventilatieroosters), ontstaan er luchtkwaliteit-klachten.

Voordat men - bij het evalueren van de oorzaken van klachten - inzoomt op het technisch functioneren van de verwarming en de ventilatievoorzieningen zal altijd gekeken moeten worden wat er aan 'overige risicofactoren' (zie de figuur bij paragraaf 2.3) geconstateerd is.

Met hierbij de opmerking dat men niet te snel aan alleen maar installatietechnische oplossingen dient te denken. Als er bijvoorbeeld een temperatuurprobleem in een serie lokalen met grote ramen op het zuiden is, is aanbrengen van koeling natuurlijk een oplossing. Een veel efficiëntere oplossing die bovendien goedkoper en energiezuiniger is, is echter het aanbrengen van buitenzonwering. Kijk dus altijd ook naar bouwkundige en beheersmatige aspecten.

Verder is het nuttig om eerst duidelijk te definiëren wat de gecombineerde oorzaken zijn alvorens in maatregelen te gaan denken. Werk van klachten naar directe oorzaken naar achterliggende bouwkundige en installatietechnische oorzaken en vervolgens naar maatregelen.

Bijvoorbeeld:

1. Bekend is dat gros van de leerkrachten het buiten het stookseizoen vaak veel te warm vindt (klacht);
2. Dit wordt veroorzaakt doordat de luchttemperatuur in de lokalen vaak veel te hoog is (directe oorzaak);

3. Die hoge luchttemperatuur is het gevolg van (achterliggende oorzaken):
 - i. grote ramen op het zuiden zonder zonwering;
 - ii. hoge bezettingsgraad (bv. 30 kinderen per klas), en:
 - iii. ontbreken van adequate spuivoorzieningen (te openen ramen) voor warmteafvoer en/of afwezigheid koelsysteem.
4. Het probleem is aan te pakken door zonwering aan te brengen en extra te openen delen (voor spuiventilatie) en eventueel additionele koeling (oplossing).

Wanneer het schoolbestuur in kwestie elke maatregel die iets kost teveel vindt is het goed te wijzen op de verborgen kosten van het handhaven van de status quo c.q. het slechte binnenmilieu (zie ook paragraaf 2.8).

Niet oplossen van het temperatuur- of ventilatieprobleem kost per saldo geld: via toenemend ziekteverzuim onder de leerkrachten, afnemende leerprestaties van de leerlingen en op termijn langzaam oplopende onderhoudskosten (lapmiddelen kosten ook geld) (Zie verder hoofdstuk 2). Vergeet daarbij niet de verborgen kosten die vergaderen over het binnenmilieu probleem in de loop der jaren met zich meebrengt!

Vaak verwacht een schoolbestuur, alvorens ingrijpende aanpassingen te laten doen (forse uitgaven te maken) extra zekerheid over de oorzaken en wil men de situatie extra 'geobjectiveerd' hebben.

In dat geval kan het nodig zijn dat men ofwel als installateur of W adviseur zelf metingen doet ofwel dat een derde partij (bv. de arbodienst of een binnenmilieu advies bureau) nader onderzoek doet.

Wees er alert op dat het uitvoeren van metingen zonder eerst een hypothese over mogelijke oorzaken te maken nutteloos is. En bedenk dat veel aspecten wel gemeten kunnen worden maar in de praktijk weinig extra informatie geven. Zaken waarvan meting in scholen wel nuttig kan zijn, zijn bv.: CO₂ concentraties, relatieve vochtigheid, luchtdebieten (bij roosters), luchttemperaturen, luchtsnelheden (mits men beschikt over een voldoende nauwkeurige meter) en stromingspatronen (m.b.v. rookproeven).

Het meten van chemische agentia (bv. formaldehyde), fijn stof, schimmels en bacteria levert in de praktijk meestal weinig concrete informatie op, is relatief duur en wordt om die reden, bij afwezigheid van een concrete aanwijzing, afgeraden. Voor meer informatie over hoe en wanneer meten bij luchtkwaliteitsproblemen wordt verwezen naar het cahier O2 van het Praktijkboek Gezonde Gebouwen.

Conclusie: de belangrijkste aandachtspunten bij het vinden van oplossingen zijn:

- *kijk niet alleen naar puur technische aspecten, maar ook naar bv. bouwkundige zaken*
- *inventariseer de standaard risicofactoren (zie tabel 2)*
- *maak een goede diagnose die de klachten verklaart alvorens met oplossingen te komen*
- *wijs de schooldirectie en andere verantwoordelijken op de consequenties van niks doen*
- *indien metingen uitgevoerd worden: wees terughoudend met meting van allerlei chemische en biologische stoffen en bv. stof; meestal is meting van de CO₂ concentratie en de (lucht) temperatuur voldoende.*



Goede spui-ventilatievoorzieningen: bittere noodzaak in schoolgebouwen

CASE: De juf van groep 3 is altijd zo moe

Gezondheidsklachten

De juf van groep 3 werkt al enkele jaren op school X. Zij werkt 5 volle dagen in haar lokaal. Op school heeft ze altijd last van haar astma (waarvoor zij medicijnen gebruikt) terwijl de klachten in het weekend en tijdens vakanties vele malen minder zijn. Daarbij is ze aan het einde van de week altijd ongewoon moe.

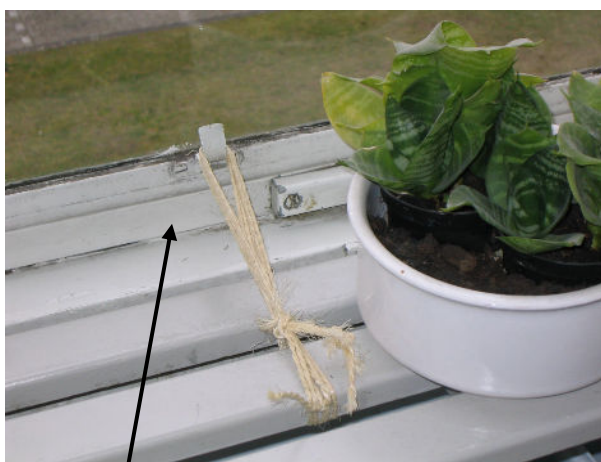
Haar gezondheidsklachten zijn in de loop van de jaren erger geworden. In de winter heeft zij veel meer klachten dan in de zomer. Vooral in de herfst, wanneer de verwarming weer aan gaat, zijn de klachten het hevigst en duren dan enkele weken achter elkaar voort.

Niet-allergische collega's van de juf van groep 3 hebben ook gezondheidsklachten als ze op school zijn. Het gaat dan om oogirritaties, keelirritaties, de ervaring van 'droge lucht' en verstopte neus.

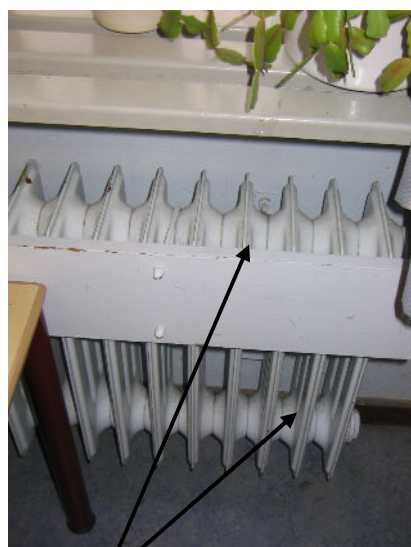
Klachten over de werkomgeving

Zowel in de zomer als in de winter is het vaak te warm; in de zomer komt dit volgens de juf vanwege de zon (ramen op zuid-westzijde en onvoldoende geïsoleerd plat dak) en in de winter vanwege de slecht regelbare verwarming ("de ketel is vaak van slag"). Bovendien heeft zij in de winter klachten over te droge lucht en hinder van statische elektriciteit.

In de winter zijn er tochtklachten, volgens de juf vanwege de slecht sluitende ramen. Vooral wanneer in de herfst de verwarming weer aan staat ontstaan direct klachten, vanwege het stof dat hierdoor opdwarrelt.



Slecht sluitende ramen



Stof op radiator

Mogelijke oorzaken

De situatie ter plekke is bekeken door een binnenmilieu-specialiste. De bevindingen staan hieronder:

Gebrek aan beïnvloeding van de temperatuur

Het verwarmingssysteem is eenvoudig: een centrale verwarmingsketel en radiatoren met open-/dichtkranen in het lokaal. Wanneer de radiatoren open staan zou de temperatuur in het lokaal 22 °C bedragen. Deze temperatuur kan worden beïnvloed door het open of dicht draaien van de radiatoren. Echter de regeling van de verwarmingsketel is niet weersafhankelijk. Bovendien ontbreekt een ruimtethermostaat. Hierdoor kan het voorkomen dat de radiatoren volop warmte afgeven wanneer dat eigenlijk niet nodig is.

(vervolg mogelijke oorzaken)*Onvoldoende ventilatiemogelijkheden*

Het ventileren kan alleen plaatsvinden door middel van het openen van ramen. Er zijn geen ventilatieroosters in de gevel of mechanische afzuiging aanwezig. Ook is er geen gebalanceerd ventilatiesysteem. Twee van de te openen ramen zijn dichtgeschroefd. Het bovenraam, dat wel geopend kan worden, kan niet op een kierstand worden gezet. Wanneer dit raam 's winters openstaat, ontstaat al snel hinder van tocht en wordt het raam weer gesloten.

Inrichting

In het lokaal wordt al het materiaal opgeslagen in open kasten. Hierin kan het stof zich gemakkelijk ophopen en is moeilijk te verwijderen. Ook kan het stof zich gemakkelijk verzamelen rondom loshangende en -liggende snoeren van de computers. De ruimte onder enkele kasten is onvoldoende om de vloer gemakkelijk te kunnen schoonmaken.

Onvoldoende schoonmaak

Het stof is zichtbaar aanwezig. Ook stof aanwezig op vensterbanken, luxaflex en op randen, richels en op de vloer. Twee keer per week wordt de vloer gezogen. Echter men is niet tevreden over de schoonmaakploeg. Het is onduidelijk welke afspraken hiermee zijn gemaakt.

Tussendoor wordt door de juf van groep 3 (evt. samen met leerlingen) schoongemaakt met een oude veger. Voor elke vakantie wordt door collega docenten het lokaal schoongemaakt.

Conclusie & advies

De klachten van de juf van groep 3 zullen nooit helemaal overgaan, ze heeft immers astma. Maar door het aanbrengen van extra ventilatievoorzieningen, verhoging van de verse luchttoevoer, sanering van de inrichting (harde vloerbedekking, dichte kasten) en verbetering van het schoonmaakonderhoud is de situatie wel sterk te verbeteren. Geadviseerd wordt om in overleg met een adviseur en de schoonmaakfirma een plan van aanpak uit te werken.

4. NIEUWBOUW & RENOVATIE: STARTFASE

4.1 Inleiding

Als besloten is om een bestaande school te renoveren of wanneer er sprake is van nieuwbouw of bv. een nieuwe aanbouw dan is dit natuurlijk een gouden kans om een binnenmilieu-kwaliteitsslag te maken.

In de praktijk echter wordt er bij de ontwikkeling van een nieuw schoolgebouw vaak nauwelijks over de kwaliteit van de binnenlucht en het thermisch binnenklimaat nagedacht. De aandacht gaat meestal vooral uit naar zaken als ruimtegebruik en flexibiliteit ('in de nieuwe school moeten ook nieuwe onderwijsvormen mogelijk zijn'), esthetiek ('de school moet de buurt een beetje opknappen') en kostenbeheersing ('eigenlijk mag het niks kosten allemaal, gegeven de standaardvergoedingen').

Gegeven het grote belang van een goed binnenmilieu (zie hoofdstuk 2) lijkt de tijd te zijn aangebroken om juist bij nieuwbouw en renovaties van basisscholen meer aandacht te gaan besteden aan de binnenlucht en het thermisch binnenklimaat. Het behoeft geen toelichting dat hier natuurlijk met name een mooie taak ligt weggelegd voor de installateur en de Werktuigbouwkundig (W-) adviseur!

In de volgende paragrafen worden handreikingen geven over hoe het onderwerp binnenmilieu door de installateur of adviseur op het juiste moment op de agenda is te zetten. Verder worden (onderverdeeld naar bouwfasen) aanwijzingen gegeven over hoe standaard-binnenmilieu-valkuilen zijn te ontlopen.

4.2 Problemen bij de startfase

Bij een nieuwbouw of een renovatie van een gebouw, dus ook van een schoolgebouw, zijn in het algemeen de volgende fasen te onderscheiden:

Fasen in het bouw (en beheers) proces

- | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------------|
| 1. Programmafase | | |
| a. Initiatief | b. Haalbaarheidsstudie | c. Projectdefinitie |
| 2. Ontwerpfase | | |
| a. Structuurontwerp | b. Voorlopig ontwerp | c. Definitief ontwerp |
| 3. Uitwerkingsfase | | |
| a. Bestek | b. Prijsvorming | |
| 4. Realisatiefase | | |
| a. Werkvoorbereiding | b. Uitvoering | c. Oplevering |
| 5. Beheerfase | | |
| a. Ingebruikname | b. Nazorg | c. Onderhoud |

Tijdens al deze afzonderlijke fasen worden beslissingen genomen die invloed hebben op de kwaliteit van het uiteindelijke binnenmilieu in de school. Bijvoorbeeld tijdens de programmafase wordt bepaald in welke omgeving het te realiseren object komt te staan en wordt als het goed is vastgelegd (in het Programma van Eisen) welke eisen er gesteld worden op het gebied van bv. luchtkwaliteit en ventilatie, binnenklimaat en verwarming en energiegebruik.

Probleem is nu dat bij scholenbouw de adviseur / installateur pas ingeschakeld wordt tijdens de ontwerpfase of zelfs tijdens de uitwerkingsfase waardoor hij/zij formeel geen invloed meer heeft op de in het eerste stadium gedefinieerde project-uitgangspunten.

Maar dat is niet het enige probleem waar de adviseur / installateur direct aan het begin mee geconfronteerd wordt. We noemen hier de overige 'standaard-start problemen':

1. Vaak zijn in het Programma van Eisen (of een document dat daarvoor door moet gaan) helemaal geen eisen gesteld aan het te realiseren binnenmilieu (of beperkt de binnenmilieu-eis zich tot het zinnetje 'er moet aan het Bouwbesluit voldaan worden');
2. In die gevallen dat er wel concretere eisen gesteld worden in het PvE zijn deze in de regel van het type 'middel-eisen' in plaats van het te prefereren (en grotere ontwerpvrijheid biedende) type 'prestatie-eisen';
3. Tegelijkertijd is het gereserveerde budget voor de te realiseren installaties voor de school in de regel uitermate mager (...).

Hieronder worden de 3 genoemde punten één voor één nader toegelicht (deels gebaseerd op Bronsema, 2002).

Ad 1.

De partijen die wel betrokken zijn geweest bij de programmafase (formele opdrachtgever als bv. de gemeente, schoolbestuur, architect, evt. bouwmanagementbureau) hebben in de regel weinig affiniteit met het onderwerp binnenmilieu. Gevolg is dat er in het scholen PvE vaak helemaal niets over de gewenste luchtkwaliteit en het te realiseren thermisch binnenklimaat staat genoemd. Daarbij is er al helemaal niets te vinden in de categorie 'visie op fysisch, fysieke kwaliteit van de leeromgeving in relatie tot leerprestaties van leerlingen, ziekteverzuim onder leerkrachten, etcetera'...

Men zou kunnen zeggen dat het gunstig is voor de installateur of W-adviseur als er niets over het binnenmilieu is vermeld in het PvE: men krijgt immers carte-blanche voor het installatie-ontwerp. Echter: het ontbreken van eenduidige eisen betreffende de binnenmilieu-kwaliteit is vaak het gevolg van een algemene desinteresse bij de overige bouwteamleden voor het onderwerp installaties en binnenmilieu en die desinteresse resulteert er tevens in dat van het (al beperkte) totaalbudget gelijk bij de start zeer weinig gereserveerd is voor ventilatie en klimaatbeheersing. Zie verder punt 3. Soms staat er in het PvE wel genoemd dat 'er voldaan dient te worden aan het Bouwbesluit'. Waar het de luchtkwaliteit en het thermisch binnenklimaat betreft is dit echter verre van voldoende informatie. Zo staan er bijvoorbeeld in het Bouwbesluit geen eisen die dienen ter voorkoming van oververhitting. Ook worden er bv. geen eisen gesteld ten aanzien van de schoonmaakbaarheid en de emissiekenmerken (vluchtige organische stoffen) uit inrichtingsmaterialen (denk aan vloerbedekking) terwijl dit toch een belangrijk thema is. Ook blijkt dat voor sommige gevallen (denk bv. aan een klaslokaal die ook geschikt moet zijn voor kinderen met astma) de Bouwbesluit-eisen voor scholen onvoldoende zijn.

Kortom, alleen het voldoen aan de (minimum) eisen uit het Bouwbesluit (en uit de Arbo regelgeving) is geen garantie voor een klachtenvrij gebouw en 100% eindgebruikers tevredenheid.

Ad 2:

Wanneer er wel concretere eisen gesteld worden in het PvE zijn deze meestal van het type 'middel-eisen' in plaats van het te prefereren (en grotere ontwerpvrijheid biedende) type 'prestatie-eisen'. Er staat dan bv. 'er dient in koeling te worden voorzien' en niet 'op dagen met een maximum buitentemperatuur van maximaal 30 graden mag de binnentemperatuur - gedurende lestijd - niet hoger dan 26 graden worden'.

Het meest cruciale in de Programmafase is dat - op basis van de geïnventariseerde gebruikerswensen - 100% eenduidig wordt vastgelegd wat het ontwerp en wat de installatie na oplevering moet 'kunnen'.

Anders gezegd: dat vastgelegd wordt aan welke prestatie-eisen het ontwerp zal dienen te voorzien.

Dit betreft dan eisen ten aanzien van bijvoorbeeld de thermische behaaglijkheid (temperatuur, luchtsnelheid), het tocht risico (maximaal toelaatbare luchtsnelheid), de maximum CO₂ concentratie (en daarvan afgeleid de minimaal benodigde ventilatiehoeveelheden), etcetera.

Zie verder het aparte kader 'Prestatie-eisen versus middel-eisen' en ook paragraaf 4.3 'werken met 3 kwaliteitsklassen'.

Ad 3:

Het gereserveerde budget voor de te realiseren installaties (c.q. voor de te realiseren binnenmilieu-kwaliteit) is in de regel uitermate mager.

Voor de bouw van basisscholen wordt door de overheid een bepaald all-in budget ter beschikking gesteld (d.w.z. inclusief BTW, honoraria, leges en aansluitkosten, inrichting etc.) dat - zo leert de

ervaring - op zich al krap is. Daar komt nog eens bij dat architecten gewend zijn om in elk geval een reëel deel van het totaal-budget te laten reserveren voor het ontwerpstadium en de bouwkundige kosten. Het gevolg: het installatiebudget is meestal erg minimaal en in de praktijk zal het veel moeite kosten om architect (en formele opdrachtgever) te overtuigen om (alsnog) realistische subbudgetten te reserveren voor de klimaatinstallaties.

Een aparte opmerking betreft nog het feit dat men (waar het de kosten betreft) zich vaak blind staart (c.q. moet staren gegeven de huidige financieringsstructuur rond basisscholenbouw) op de investeringskosten. Terwijl een goed installatieontwerp natuurlijk ook vraagt om een discussie (en een financiële afweging) waarbij ook gekeken wordt naar onderhoudskosten, energiekosten, verborgen kosten gerelateerd aan bv. het binnenmilieu-gerelateerde ziekteverzuim en andere exploitatiekosten.

Aandachtspunten Startfase:

- *Zorg dat de W-adviseur en/of -installateur in een zo vroeg mogelijk stadium in het bouwteam opgenomen wordt (bij voorkeur al in de programmafase);*
- *Controleer of het PvE voorziet in eenduidige binnenmilieueisen; indien eisen ontbreken zorg dan dat deze eisen alsnog toegevoegd worden aan het PvE (leg uit aan opdrachtgever, architect en andere betrokkenen waarom dit belangrijk is);*
- *Werk in het (nagekomen) installatie PvE zoveel mogelijk met prestatie-eisen in plaats van met middel-eisen;*
- *Zorg dat in het voor binnenmilieu & installaties gereserveerde deelbudget een realistisch bedrag is opgenomen (zie ook hoofdstuk 5).*

Prestatie-eisen versus middel-eisen

Bij nieuwbouw en renovatie van scholen (en andere gebouwen) kan men in het PvE uitgaan van:

- prestatie-eisen oftewel eisen waaraan de leeromgeving dient te voldoen ('doeleisen') en;
- maatregelen op gebouw/installatie/inrichtingsniveau oftewel eisen die bepaalde bouwelementen, installatie-onderdelen of inrichtingsmaterialen voorschrijven ('middel-eisen').

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 ontwerpvrijheid krijgen. Is bij nieuwbouw bijvoorbeeld bij de samenstelling van het Programma van Eisen eenmaal een pakket prestatie-eisen voor het binnenmilieu gekozen (e.e.a. gegeven de financiële middelen van de opdrachtgever en de wensen van eindgebruikers), dan is het aan de ontwerpers van gebouw en installaties om de gekozen binnenmilieukwaliteit op de meest economische en milieuvriendelijke wijze te realiseren.

	<i>Binnenmilieu prestatie-eis 'doel-eis'</i>	<i>Eis aan gebouw/installatie/materiaal 'middel-eis'</i>
Thermisch binnenklimaat	Operatieve temperatuur zomer maximaal .. °C	ZTA-waarde glas incl. zonwering < ...
Luchtkwaliteit	CO ₂ - concentratie altijd < ppm	Minimaal ... m ³ /uur verse buitenlucht per leerling

Zie voor meer informatie over prestatie-eisen cahier R2 'Binnenmilieu Prestatie-eisen Kantoorgebouwen' van het Praktijkboek Gezonde Gebouwen.

4.3 Werken met 3 kwaliteitsklassen

Stel nu dat alle betrokken partijen het met elkaar eens zijn geworden dat er (alsnog) binnenmilieu- en installatie-prestatie-eisen dienen te worden opgenomen in het PvE.

Dan zal eerst moeten worden bepaald wat het ambitieniveau is. Vindt het bouwteam dat het genoeg is dat alleen aan de wettelijke minimum-eisen voldaan wordt, of wordt hoger ingezet bv. omdat men de binnenluchtkwaliteit zo goed wil maken dat het binnenmilieu-gerelateerde ziekteverzuim nihil is en dat de lokalen ook geschikt zijn voor kinderen met astma?

Bij het bepalen van het ambitieniveau en het vaststellen van de op te nemen prestatie-eisen is het zogenaamde 3 klassen systeem (zie de tabel hieronder) een handig hulpmiddel dat aansluit bij methoden die elders (ook Europees) gebruikt worden.

Tabel 3. Definitie van de 3 kwaliteitsklassen

	KLASSE		
	A Zeer goed 8,5	B Goed 7,0	C Acceptabel 5,5
Thermisch klimaat:			
Algemeen	aangenaam, de leerprestaties bevorderend, binnenklimaat	redelijk aangenaam binnenklimaat	redelijk binnenklimaat
Discomfort	percentage ontevreden t.g.v. thermisch binnenklimaat max. 10%	percentage ontevreden t.g.v. thermisch binnenklimaat max. 20%	percentage ontevreden t.g.v. thermisch binnenklimaat max. 30%
Luchtkwaliteit:			
Algemeen	aangename, de leerprestaties bevorderende, luchtkwaliteit; verlaagd risico op overdracht infectieziekten (via lucht)	redelijk aangename luchtkwaliteit, nauwelijks negatief effect op leerprestatie	redelijke luchtkwaliteit, licht negatief effect op leerprestaties
Geurhinder	percentage ontevreden t.g.v. geurhinder (bij binnenkomst) maximaal 10%	Percentage ontevreden t.g.v. geurhinder maximaal 20%	percentage ontevreden t.g.v. geurhinder maximaal 30%

Een toelichting:

De drie klassen kunnen als volgt worden gekwalificeerd (onderverdeling gebaseerd op cahier R2 van het Praktijkboek Gezonde Gebouwen en NPR CR 1752):

- Klasse A: 'zeer goed' - hoog verwachtingspatroon ten aanzien van de kwaliteit van het binnenmilieu; doel is een aangename binnenmilieukwaliteit die de gezondheid van leerkrachten en leerlingen bevordert en gunstig werkt op de leerprestaties.
- Klasse B: 'goed' - gemiddeld verwachtingspatroon ten aanzien van de kwaliteit van het binnenmilieu; doel is een redelijk aangenaam binnenmilieu, redelijk goede gezondheid.
- Klasse C: 'acceptabel' oftewel 'minimaal noodzakelijk vanuit het oogpunt van volksgezondheid' - matig verwachtingspatroon ten aanzien van de kwaliteit van het binnenmilieu, acceptabele gezondheidskwaliteit.

Aan de minimeisen (klasse C) voldoen betekent dat de kans op ernstige hinder beperkt is, maar een garantie voor algemene tevredenheid/een comfortabele werkomgeving is het niet. Wanneer een meer dan minimale kwaliteit gewenst is, zal men 'hogere moeten inzetten': klasse B of A.

Afhankelijk van het gewenste kwaliteitsniveau, de 'gevoeligheid' en de 'belastbaarheid' van de gebouwgebruikers en de budgettaire randvoorwaarden, kan men per binnenmilieu-parameter kiezen welke kwaliteit gewenst is: een niveau 'zeer goed', 'goed' of 'acceptabel' resp. klasse A, B of C.

In zijn algemeenheid geldt bij nieuwbouw en ingrijpende renovaties:

- kies in beginsel op alle binnenmilieuaspecten voor een klasse B kwaliteit;
- kies op deelaspecten voor klasse A wanneer men extra kwaliteit wenst of indien een aanzienlijk deel van de gebouwgebruikers een medische aandoening heeft c.q. bijvoorbeeld bij de bouw van een bijzondere school met relatief veel allergische kinderen;
- kies voor tijdelijke huisvesting of voor tijdelijke renovaties, en wanneer de financiële middelen zeer beperkt zijn, voor klasse C.

Nadat met tabel 3 (vorige bladzijde) bepaald is welk ambitieniveau in een specifiek geval nodig is, dan kan vervolgens tabel 4 (zie de volgende bladzijde) gebruikt worden om het ambitieniveau te vertalen in concrete prestatie-eisen.

De in tabel 4 gepresenteerde prestatie-eisen zijn door de TVVL werkgroep 'Kwaliteitsverbetering binnenmilieu in basisscholen' vastgesteld. Deels gebaseerd op praktijkervaringen (rekening houdend met wat haalbaar is in een basisschool), deels gebaseerd op het 3 klassen eisenpakket zoals gepresenteerd in NPR CR 1752. Waar nodig is ook gebruik gemaakt van informatie uit het cahier R2 van het Praktijkboek Gezonde Gebouwen (eisen in klassen ontwikkeld voor kantoorgebouwen) waarbij de oorspronkelijke waarden omgezet zijn naar voor scholen realistische waarden.

Hoe verhouden de waarden uit tabel 4 zich tot de wettelijke eisen, met name wat betreft ventilatie? Bij toepassing van de prestatie-eisen (en de hieraan gekoppelde installatieconcepten in hoofdstuk 5) uit de klassen A en B wordt voldaan aan de wettelijke eisen ten aanzien van ventilatie (luchtverversing) voor nieuwbouw uit het Bouwbesluit. De prestatie-eisen uit klasse C voldoen (ruimschoots) aan de te stellen eisen voor bestaande bouw in het kader van het Bouwbesluit. Hierbij wordt opgemerkt dat de capaciteitseis voor bestaande bouw een zodanige ventilatie van een klaslokaal geeft die niet tot een acceptabele luchtkwaliteit zal leiden. De prestatie-eis uit klasse C voldoet aan de eis voor luchtverversing voor leerlingen in het kader van de Arbo-wet ($20 \text{ m}^3/\text{uur}$ per leerling). In bijlage C wordt een toelichting gegeven op de eisen met betrekking tot ventilatie van scholen uit het Bouwbesluit.

Tabel 4: Overzicht binnenmilieu prestatie-eisen voor schoolgebouwen, per klasse
(aan de genoemde eisen dient tijdens gebruikstijd minimaal 90% van de tijd te worden voldaan)

		KLASSE		
		A	B	C
		Zeer goed 8,5	Goed 7	Acceptabel 5,5
Thermisch binnenklimaat				
1	Algemene behaaglijkheid / operatieve temperatuur - winter	20-22 °C ¹⁾	20-22 °C ¹⁾	19-23 °C ¹⁾
	Algemene behaaglijkheid / operatieve temperatuur - zomer (uitgezonderd zomervakantie, en uitgezonderd dagen met Tmax buiten > 28 °C) ²⁾	23-27 °C	23-28 °C	22-29 °C *
2	Tocht / lichtsnelheid - winter (bij gesl. ramen)	< 0,13 m/s	< 0,16 m/s	< 0,19 m/s
	Tocht / lichtsnelheid - zomer (bij gesl. ramen)	< 0,16 m/s	< 0,20 m/s	< 0,23 m/s
3	Verticaal luchttemperatuurverschil / temperatuurgradiënt (verschil tussen luchttemperatuur op enkel- en hoofdhoogte)	< 2 K	< 3 K	< 4 K
4	Koude & warme voeten / vloertemperatuur	19-26 °C	19-26 °C	17-29 °C
Luchtkwaliteit				
1	Kooldioxide (CO ₂)-concentratie ³⁾	< 800 ppm	< 1000 ppm	< 1200 ppm
2	Verse buitenlucht toevoer per persoon op klaslokaalniveau ⁴⁾	45 m ³ /h/p.p.	30 m ³ /h p.p.	20 m ³ /h p.p.
3	Verse buitenlucht toevoer per m ² vloeroppervlak op klaslokaalniveau (uitgaande van 1 pers. per 2 m ²) ⁵⁾	12,6 l/s/p.p. 22,5 m ³ /h/m ²	8,4 l/s/p.p. 15 m ³ /h/m ²	5,6 l/s/p.p. 10 m ³ /h/m ²
	Ventilatievoud (bij 2,8 meter hoog plafond)	6,3 l/s/m ² ⁶⁾	4,2 l/s/m ² ⁶⁾	2,8 l/s/m ² ⁶⁾
4	Spuiventilatie ⁷⁾	ca. 7,2 te openen ramen	ca. 5 te openen ramen	ca. 3,5 te openen ramen
5	Indicatie momentane luchtkwaliteit (CO ₂ detector) ⁸⁾	eventueel	ja	ja!
Geluid				
	Geluid t.g.v. buiten (binnen, bij gesloten ramen)	30 dB (A)	35 dB (A)	40 dB (A)
	Installatiegeluid (in klaslokaal)	25 dB NR20	30 dB NR25	35 dB NR30

Bij toepassing van de prestatie-eisen (en de hieraan gekoppelde installatieconcepten in hoofdstuk 5) uit de klassen A en B wordt voldaan aan de wettelijke eisen, met name wat betreft ventilatie-eisen voor nieuwbouw uit het Bouwbesluit. De prestatie-eisen uit klasse C voldoen (ruimschoots) aan de te stellen eisen voor bestaande bouw in het kader van het Bouwbesluit.

Toelichting bij tabel 4 (zie de noten 1 tot en met 8 in de tabel zelf):

1. Uit oogpunt van thermisch comfort zou een temperatuur 's winters tot 24 °C kunnen worden toegestaan; in verband met de grotere kans op luchtkwaliteitsklachten 's winters bij hogere luchttemperaturen verdient het aanbeveling om in elk geval de *lucht*temperatuur niet hoger te laten zijn dan 22 °C (23 °C bij klasse C);
2. De bovengrenzen voor de zomer zijn bepaald op basis van de adaptieve temperatuur-grenswaarde methode (ATG methode) zoals beschreven in kleintje Binnenklimaat van ISSO (2005). Uitgangspunt zijn dagen met een maximum buitentemperatuur van 28 °C.
3. De hier weergegeven kooldioxide concentraties zijn afgeleid uit NPR CR 1752. Door de GGD Nederland zijn recentelijk gezondheidkundige toetswaarden uitgebracht voor ventilatie van scholen en kindercentra. De eisen in de GGD publicatie zijn strenger dan de hier gepresenteerde prestatie-eisen.

4. Uitgangspunt is een klaslokaal van 50 m² met ca. 25 leerlingen (= bezettingsgraad van 1 leerling per 2 m²), hetgeen overeenkomt met een gemiddelde situatie; merk op dat in specifieke gevallen de klaslokalen kleiner kunnen zijn en dat soms ook het aantal leerlingen hoger ligt (of lager) dan de genoemde 25. Men zal dan de in de tabel genoemde waarden hiervoor moeten corrigeren.
5. Formeel gezien is een beschrijving van de benodigde hoeveelheid ventilatie geen prestatie-eis. Een werkelijke prestatie-eis zou bv. zijn een beschrijving van de maximaal toegestane fijn stof concentratie, de maximaal toegestane concentratie aan vluchtige organische stoffen etcetera. Gezien de onbekendheid van de partijen die normaliter bij scholenbouw betrokken zijn met het werken met dat type werkelijke prestatie-eisen is er hier voor gekozen (mede ook uit praktisch oogpunt) om alleen te werken met een zuivere prestatie-eis waar het de CO₂ concentratie betreft en een pseudo prestatie-eis betreffende de benodigde hoeveelheid verse luchttoevoer. Overigens: voorlopig uitgangspunt bij de berekening van de benodigde ventilatiedebieten is een CO₂-productie van 20 liter per uur per kind. Indien tijdens de vervolgstudie bv. uit nader literatuuronderzoek blijkt dat een andere aanname voor de CO₂-productie meer in overeenstemming met de werkelijkheid is, dan zullen de in de tabel aangegeven waarden hierop aangepast dienen te worden.
6. De vereiste verse luchttoevoer per m² (in l/s) is gebaseerd op een klaslokaal van 50 m² en 25 leerlingen. De waarden komen bij benadering overeen met NPR CR 1752 'Ventilation of buildings'. Daarbij wordt voor klasse C uitgegaan van toepassing van 'non-low polluting buildings' (dus geen bijzondere eisen aan emissies uit inrichtingsmaterialen e.d.), voor klasse B en A (met een kleine afwijking) wordt uitgegaan van toepassing van 'low polluting buildings' (als er een verhoogde ambitie is t.a.v. de luchtkwaliteit kan men er immers vanuit gaan dat extra aandacht aan de selectie van materialen wordt besteed). Klasse C komt overeen met de wettelijke eis uit de Arbo beleidsregels (artikel 6.2: in basisscholen minimaal 20 m³/h verse luchttoevoer per kind).
7. Formeel gezien is de eis 'te openen ramen' geen prestatie-eis. Gezien het belang (juist in onderwijsgebouwen) van een goede spui-ventilatievoorziening voor (momentane) persoonlijke beïnvloeding van de verse luchttoevoer en het klimaat is de eis hier toch opgenomen.
8. Met 'indicatie van de momentane luchtkwaliteit' is een CO₂ indicator bedoeld die per klas aan wordt gebracht; wanneer de CO₂ concentratie boven een van te voren ingestelde waarde komt (bv. 1000 ppm) gaat er een oranje of rood lampje branden, dit visuele signaal is een waarschuwing voor de leerkracht (en de kinderen!) dat het tijd is om de ramen even open te zetten.

4.4 Kostenconsequenties (per klasse)

Nadat het ambitieniveau (klasse A, B of C) is vastgesteld, en de daarbij behorende prestatie-eisen dan zal vervolgens moeten worden gecontroleerd of het beschikbare binnenmilieu / installatiebudget voldoende is. Is dit niet het geval dan zal het ambitieniveau bijgesteld moeten worden, zal aanvullende financiering gezocht dienen te worden (denk aan energie- of gezond bouwen- subsidies) of zullen financiële middelen uit een ander deelbudget (bv. bouwkundig) overgeheveld dienen te worden. Gegeven de starre financieringsstructuur rond scholenbouw zal vaak doorzettingsvermogen en creativiteit benodigd zijn om werkelijk het gewenste ambitieniveau te realiseren.

Hieronder wordt ingegaan op de kosten per klasse. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen de investeringskosten (directe kosten) en de exploitatiekosten (indirecte kosten). De directe kosten zijn eenvoudigweg op te splitsen in de bouwkundige en installatietechnische investeringskosten. De indirecte kosten bestaan uit de energiekosten, onderhoudskosten en schoonmaakkosten. De 'verborgen exploitatiekosten' (denk aan binnenmilieu gerelateerd ziekteverzuim, kosten van verminderde leerprestaties e.d.) zijn niet weergegeven: hiervoor is met de huidige kennis nog geen standaard kosteninschatting voor te geven. Met wel de opmerking (zie ook hoofdstuk 3) dat deze verborgen exploitatiekosten vaak nog veel hoger zijn dan bv. de onderhouds- en energie-kosten.

In tabel 5 is een kostenvergelijking weergegeven. Uitgangspunt was een standaard schoolgebouw voor dagonderwijs van ca. 2000 m². Voor de kosten van het ventilatie-systeem is in het overzicht steeds uitgegaan van volledige mechanische toe- en afvoer. In die situaties (subvarianten) dat voor de

variant met natuurlijke toevoer (zelfregelende gevelroosters) met mechanische afzuiging wordt gekozen zullen de totaalkosten naar verwachting ongeveer even hoog uitvallen. In alle situaties met mechanische toevoer en afvoer is er verder van uitgegaan dat er warmteterugwinning is toegepast met een rendement van minimaal 60%. Voor de bepaling van de onderhouds- en energiekosten zijn de naslagwerken van Elsevier, Beheer en Onderhoud geraadpleegd. De in de tabel weergegeven bedragen zijn alle exclusief BTW.

Tabel 5: Vergelijking van de kosten voor scholen met verschillende binnenmilieukwaliteitsniveaus (prijspeil 2004, schatting Rienks Advitek)

	KLASSE		
	A	B	C
Investeringskosten bouwkundig (excl. inrichting)	720 € / m ²	680 € / m ²	650 € / m ²
Investeringskosten verwarming	54 € / m ²	52 € / m ²	46 € / m ²
Investeringskosten koeling	21 € / m ²	-	-
Investeringskosten ventilatie	116 € / m ²	91 € / m ²	63 € / m ²
Technisch onderhoud klimaatinstallaties	3,40 € / m ² / jaar	2,40 € / m ² / jaar	2,10 € / m ² / jaar
Energiekosten klimaatinstallaties	5,80 € / m ² / jaar	6,00 € / m ² / jaar	6,10 € / m ² / jaar
Elektriciteit	22 KWh/m ²	18 KWh/m ²	16 KWh/m ²
Gas	13 m ³ /m ²	15 m ³ /m ²	16 m ³ /m ²

5. NIEUWBOUW & RENOVATIE: INSTALLATIECONCEPTEN

5.1 Inleiding

Stel dat in samenwerking met de andere partijen uit het bouwteam is vastgesteld wat het ambitieniveau is en dat het gelukt is om het benodigde installatie / binnenmilieu - budget veilig te stellen. De volgende stap is dan het uitwerken van het installatieconcept.

In dit hoofdstuk zijn voor elke kwaliteitsklasse (A, B en C) mogelijke installatieconcepten gepresenteerd. Dus stel dat er bepaald is (zie vorige hoofdstuk) dat de lokalen een klasse A luchtkwaliteit en een dito thermisch binnenklimaat dienen te hebben, dan zal men een 'klasse A installatie' dienen te realiseren die bv. voldoet aan de paragraaf 5.2 karakteristieken (waarmee aan de klasse A eisen uit tabel 4 voldaan wordt).

Per klasse zijn er steeds enkele voorbeelden van installatieconcepten uitgewerkt. Het betreft zowel varianten met mechanische toevoer en mechanische afvoer (uitgezonderd klasse C) als varianten met natuurlijke toevoer (via gevelroosters) en mechanische afzuiging. Van geval tot geval zal men in nauw overleg met de overige bouwteamleden moeten bepalen wat de voorkeur heeft. Hierbij zullen steeds de voor- en nadelen van natuurlijke vs. mechanische ventilatie in overweging genomen dienen te worden. Zie tabel 6.

Tabel 6: Voor- en nadelen mechanische en natuurlijke ventilatiesystemen (gebaseerd op Bronsema, 2003 en Raue, 1999), in alle gevallen is ervan uitgegaan dat er ook te openen ramen aanwezig zijn.

aspect	mechanische toevoer- en afvoer	niet-zelfregelende gevelroosters, afzuiging in gang, wc, e.d.	zelfregelende gevelroosters evt. met tochtplank, afzuiging in lokalen
Luchtkwaliteit aanvang	goed	matig	goed
Luchtkwaliteit na 10 jr.	goed, indien systeem adequaat is onderhouden; slecht indien systeem niet goed is onderhouden	matig (als bij aanvang)	goed, mits systeem adequaat is onderhouden; matig indien systeem niet goed is onderhouden
Tochtrisico	laag (i.v.m. voorverwarming lucht)	zeer hoog	's winters iets verhoogd
Energiegebruik	laag (bij toepassing van warmteterugwinning)	hoog	matig (tenzij wtw lucht naar verwarming middels warmtepomp is toegepast.)
Betrouwbaarheid	betrouwbaar	niet betrouwbaar	betrouwbaar
Onderhoud	veel onderhoud	weinig onderhoud	middelmatig onderhoud
Investeringskosten	hoog	laag	middelmatig

In paragraaf 5.2 tot en met 5.4 worden per klasse 2 of 3 voorbeelden van installatieconcepten beschreven. Hierbij is steeds uitgegaan van een standaard klaslokaal t.b.v. een basisschool met een afmeting van 50 m² (7,2 x 7,2 meter) en een hoogte van 2,8 meter. De lokalen zijn gepositioneerd in

een standaard stramienmaat van 3,6 meter waarbij per lokaal twee glasvlakken van 3 meter breed en 2 meter hoog aanwezig zijn.

Als leidraad voor de installatieconcepten zijn de binnenklimaatseisen aangehouden zoals gepresenteerd in tabel 4 'Overzicht binnenmilieu prestatie-eisen voor schoolgebouwen, per klasse' (paragraaf 4.3).

Verder: daar dit document toegespitst is op het binnenmilieu is bij onderstaand omschreven systemen geen specifieke aandacht besteedt aan mogelijke energiezuinige en duurzame installatietechnische oplossingen. Er zal bij de nadere uitwerking van het installatieconcept natuurlijk wel dienen te worden voldaan aan de Energie Prestatie-eisen uit het Bouwbesluit. Daar de Energie Prestatie gebouwfafhankelijk is, is hier verder in dit hoofdstuk niet op ingegaan. Met wel de opmerking dat naar het oordeel van de auteurs met alle de in dit hoofdstuk gepresenteerde concepten (in combinatie met verstandige keuzen elders in het gebouw) zonder meer aan de EP-eisen voldaan kan worden.

In paragraaf 5.4 worden afsluitend in zijn algemeenheid wat opmerkingen gemaakt over de uitvoering van de installaties en over speciale aandachtspunten (bv. waar het de wisselwerking van bepaalde bouwkundige keuzen en de installatietechniek betreft).

Gecontroleerde natuurlijke ventilatie voor scholen

Sinds midden jaren negentig zijn er zelfregelende ventilatieroosters beschikbaar voor toevoer van frisse buitenlucht. Het principe van een zelfregelend rooster is dat deze een gecontroleerde constante hoeveelheid lucht doorlaat. Het afsluitmechanisme wordt automatisch bediend, dusdanig dat de capaciteit van het rooster constant is, onafhankelijk van het drukverschil over de gevel. Toepassing van zelfregelende roosters, ten opzichte van conventionele ventilatieroosters, levert een aantal belangrijke voordelen op. Zo neemt het risico op tochtverschijnselen af en kunnen zelfregelende roosters een aanzienlijke bijdrage leveren aan beperking van infiltratieverliezen.

Zelfregelende ventilatieroosters in elektronische uitvoering kunnen ook deel uitmaken van een totaal geregeld ventilatiesysteem (met mechanische afzuiging waarvan het debiet gekoppeld is aan het toevoerdebiet van de gevelroosters). Voor toepassing in bijvoorbeeld scholen heeft Alusta een dergelijk systeem op de markt gebracht onder de naam Autoflow 3000. Een vraaggestuurd ventilatiesysteem wat zowel lokaal als centraal bediend kan worden en zowel tijdgestuurd als sensorgestuurd kan worden uitgevoerd. Nadere informatie over dit en andere systemen vindt u op www.alusta.com.



5.2 Klasse A installatieconcepten

Met een klasse A school met een klasse A installatie worden de in tabel 3 gepresenteerde prestaties nagestreefd (zie tabel 3, hoofdstuk 4).

Voor de binnenmilieu prestatie-eisen behorende bij een klasse A installatie wordt verwezen naar tabel 4 uit hoofdstuk 4.

Voorbeelden van 3 klasse A installatieconcepten met bijbehorende bouwkundige randvoorwaarden waarmee aan de in tabel 4 onder 'klasse A' genoemde eisen voldaan kan worden zijn:

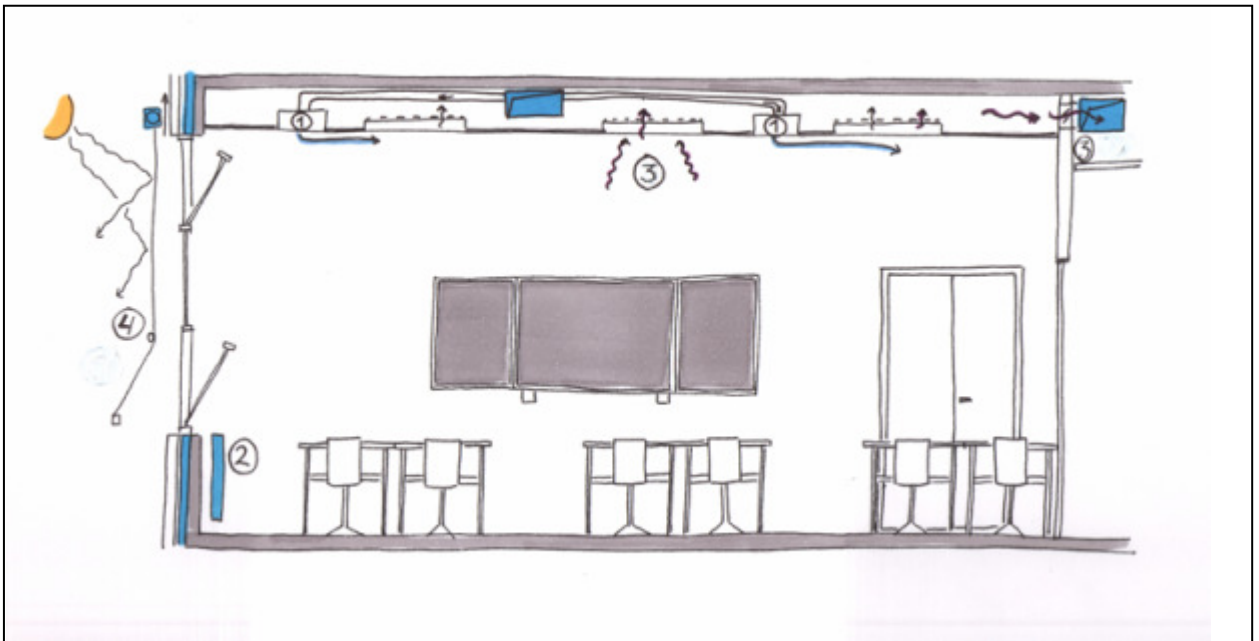
	Klasse A installatieconcepten		
Rc-waarde buitenwanden	3,5 W/m ² K		
U-waarde glas (incl. kozijn)	1,6 m ² K/W		
Nachtventilatie	Eventueel (als aanvulling op aanwezige actieve koeling)		
Effectieve thermische capaciteit bouwmasa	Massa van de vloerconstructie minimaal 250 kg/m ² , verder geen eisen.		
Verwarming	Variant A1: Gebalanceerde ventilatie met voorverwarming (wtw) i.c.m. radiatorconvectoren langs de gevel	Variant A2: Convectoren langs de gevel of vloerverwarming/ betonkernactivering	Variant A3: Gebalanceerde ventilatie met wtw i.c.m. vloerverwarming of betonkernactivering
Koeling	Centrale luchtkoeling	Vloerkoeling of betonkernactivering	Luchtkoeling in combinatie met vloerkoeling/ betonkernactivering
Ventilatie	Mechanische toevoer en afzuiging in de lokalen, capaciteit toevoer 1000 m ³ /h/lokaal (v.v. = ca. 7,2) en voorverwarming via HR warmteterugwinning	Natuurlijke toevoer middels hoog in gevel geplaatste elektronische, zelfregelende ventilatioorosters, CO ₂ geregeld, met tochtplank, capaciteit toevoer 1000 m ³ /h/lokaal, mechanisch e afzuiging in de lokalen	Verdringingsventilatie met roosters in de wand onder het schoolbord, capaciteit 750 m ³ /h/lokaal*, mechanische afzuiging in de lokalen en voorverwarming via HR warmteterugwinning **
Filterkwaliteit	Minimaal F7, evt. met G4 voorfilter	n.v.t.	Minimaal F7, evt. met G4 voorfilter
Te openen ramen	Minimaal 6 te openen delen van elk 1 m ² of meer, waarvan minimaal 3 helemaal bovenin raamvlak aangebracht		
Buitenzonwering	Uitvalschermen of screens (buiten): automatisch geregeld, met mogelijkheid om handmatig te 'overrulen'		

* een toevoercapaciteit van $750 \text{ m}^3/\text{h}$ /lokaal bij verdringingsventilatie heeft hetzelfde effect (op concentraties in de ademzone) als een toevoercapaciteit van $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ /lokaal bij mengventilatie ten gevolge van de hogere ventilatie-effectiviteit.

** bij verdringingsventilatie is het van belang dat de roosters goed gedimensioneerd worden en dat de bureaus van de leerlingen (en leerkracht) op minimaal 1 meter afstand van de roosters geplaatst worden.

Op de volgende bladzijden zijn 3 klasse A installatieconcepten geschetst, één variant met mechanische toevoer en afzuiging met luchtkoeling, convectoren, voorverwarming en HR warmteterugwinning via platenwisselaar of twincoil, een tweede variant met natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging, betonkernactivering en convectoren en een derde variant met verdringingsventilatie via de wand achter het schoolbord, mechanische afzuiging, betonkernactivering, voorverwarming en HR warmteterugwinning via platenwisselaar of twincoil.

VARIANT A1: MECHANISCHE TOE- EN AFVOER MET KOELING

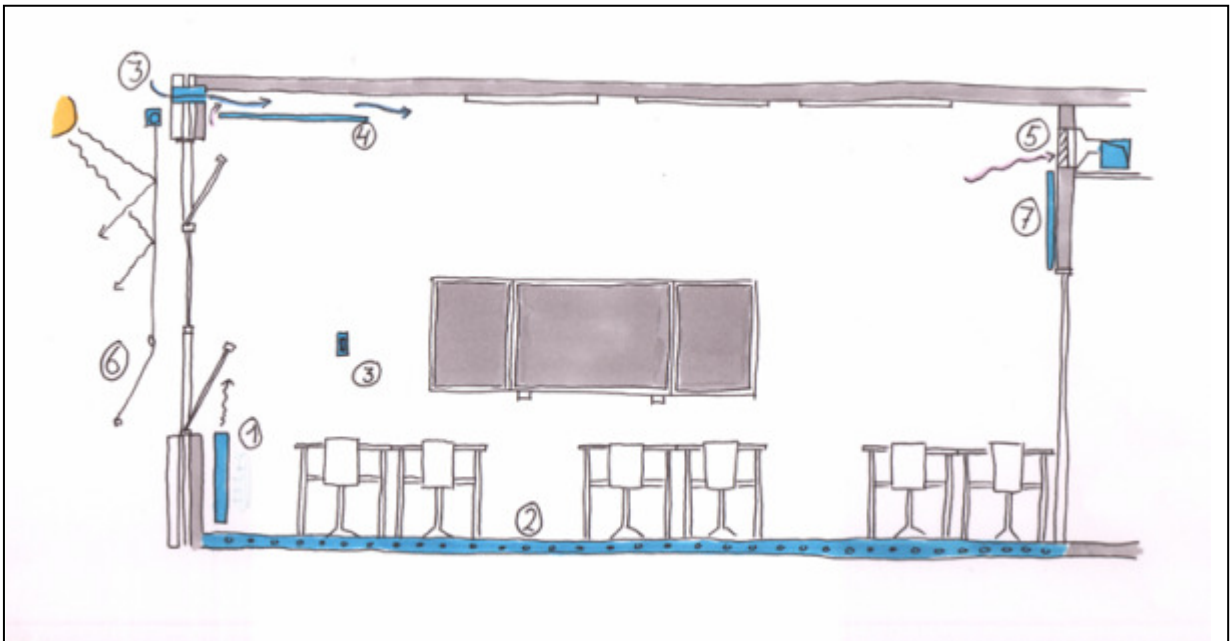


Principeschets variant A1

Legenda:

1. mechanische luchttoevoer (met naverwarming, -koeling)
2. radiatorconvectoren
3. mechanische afzuiging in de lokalen
4. uitvalschermen of screens

VARIANT A2: NATUURLIJKE TOEVOER MET MECHANISCHE AFZUIGING, 1000 m³/uur

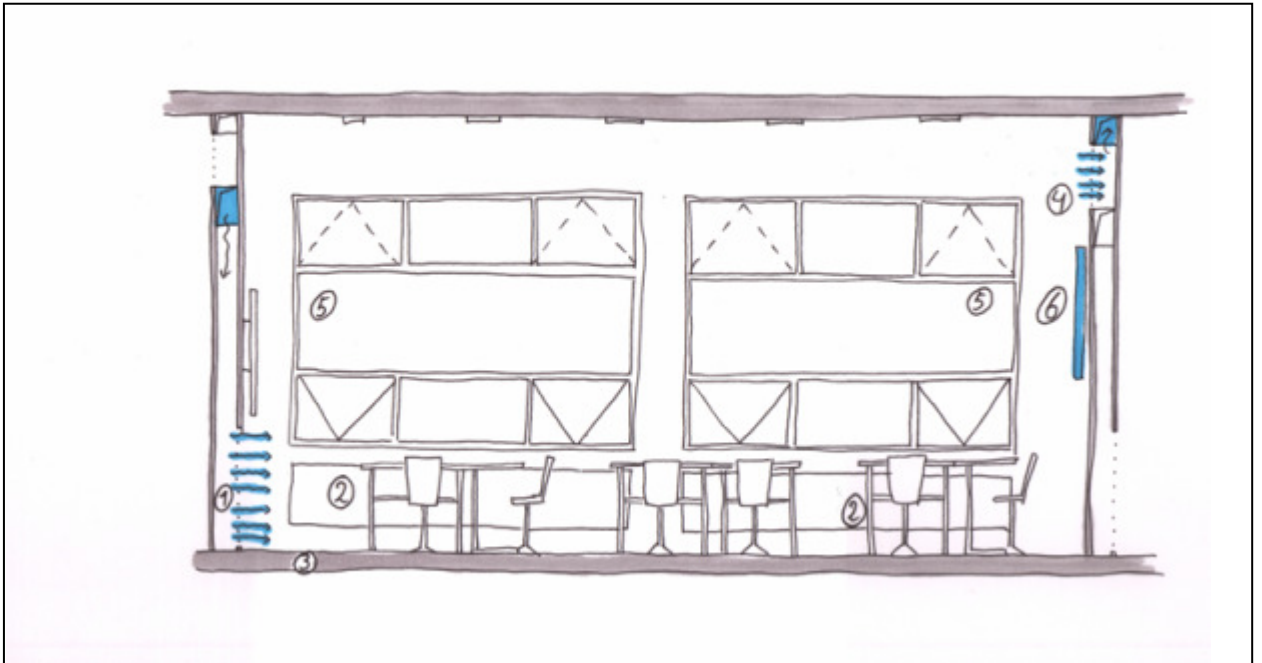


Principeschets variant A2

Legenda:

1. convectoren
2. vloerkoeling of betonkernactivering
3. natuurlijke luchttoevoer via elektronische zelfregelende ventilatieroosters, CO₂ geregeld
4. tochtplank
5. mechanische afzuiging in de lokalen
6. uitvalschermen of screens
7. akoestische panelen (indien noodzakelijk)

VARIANT A3: VERDRINGINGSVENTILATIE



Principeschets variant A3

Legenda

1. mechanische luchttoevoer (met naverwarming, -koeling)
2. radiatorconvector
3. vloerkoeling of betonkernactivering
4. mechanische afzuiging in de lokalen
5. uitvalschermen of screens
6. akoestische panelen (indien noodzakelijk)

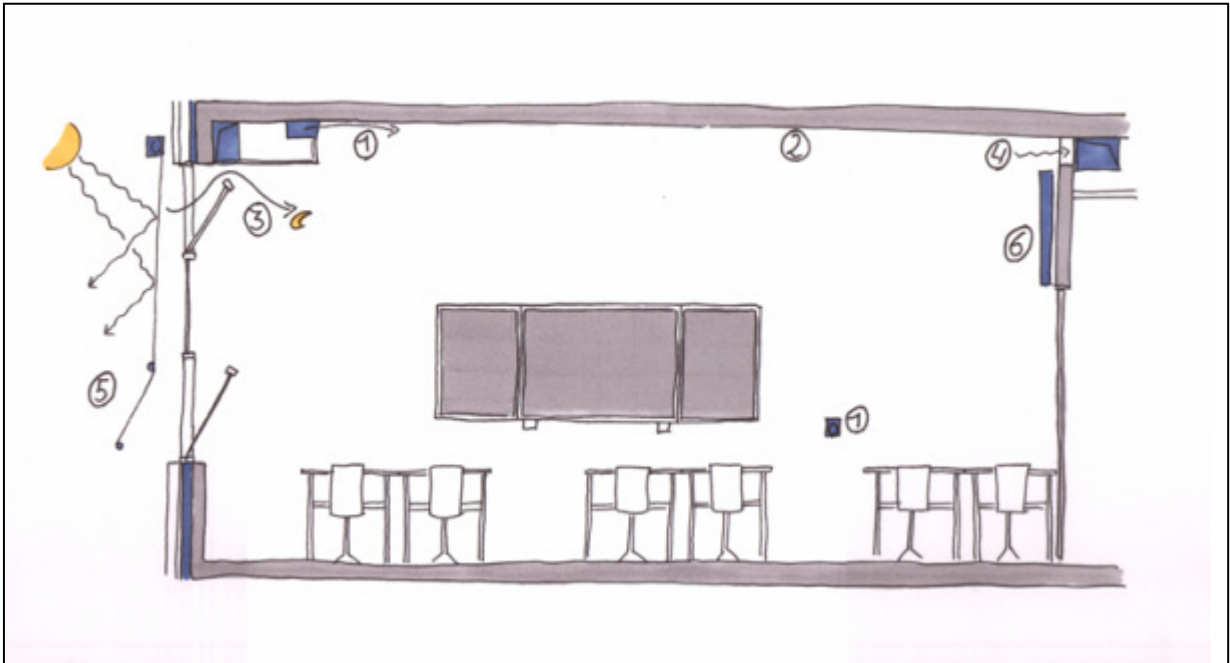
5.3 Klasse B installatieconcepten

Hieronder worden 3 voorbeelden van klasse B installatieconcepten gepresenteerd (met de bijbehorende bouwkundige randvoorwaarden) waarmee aan de in tabel 4 onder 'klasse B' genoemde eisen voldaan kan worden:

	Klasse B installatieconcepten		
Rc-waarde buitenwanden	3,0 W/m ² K		
U-waarde glas (incl. kozijn)	2,2 m ² K/W		
Nachtventilatie	Via te openen geveldelen die 's zomers gedurende de nacht opengehouden kunnen worden zonder inbraakrisico		
Effectieve thermische capaciteit bouwmasa	Massa van de vloerconstructie 250 kg/m ² en daarnaast steenachtige binnenwanden dan wel een thermisch open plafond (met steenachtige dakconstructie c.q. steenachtige verdiepingsvloeren)		
Koeling	Alleen passieve koeling middels gebruik van bouwmasa en zomernachtventilatie		
Verwarming	Variant B1: Gebalanceerde ventilatie met voorverwarming (wtw) i.c.m. radiatoren langs de gevel	Variant B2: Radiatoren of convectoren langs gevel	Variant B3: Radiatoren langs gevel
Ventilatie	Mechanische toevoer en afzuiging, capaciteit toevoer 750 m ³ /h/lokaal (v.v. = ca. 5,0), of:	Natuurlijke toevoer middels hoog in gevel geplaatste elektronische, zelfregelende ventilatieroosters (totaal capaciteit 750 m ³ /h/lokaal), met tochtplank, mechanische afzuiging in de lokalen	Luchttoevoer laag in de gevel op basis van lokale verwarmings-/ventilatieunit, capaciteit 500 à 750 m ³ /h/lokaal, mechanische afzuiging in de lokalen, eventueel geïntegreerd in ventilatie-unit
Filterkwaliteit	Minimaal F5 eventueel G3 voorfilter	n.v.t.	Minimaal F5 eventueel G3 voorfilter
Te openen ramen	Minimaal 6 te openen delen van elk 1 m ² of meer, waarvan minimaal 3 helemaal bovenin raamvlak aangebracht. Zie ook onder 'nachtventilatie'.		
Buitenzonwering	Uitvalschermen of screens (buiten), handmatig te bedienen		

Hierna volgen 3 klasse B installatieconcepten, één variant met mechanische toevoer en afvoer met luchtverwarming, een tweede variant met natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging en radiatoren en een derde variant met toevoer laag in de gevel en naverwarming in combinatie met mechanische afzuiging (alle inclusief passieve koeling door gebruik van bouwmasa en zomernachtventilatie).

VARIANT B1 : MECHANISCHE VENTILATIE

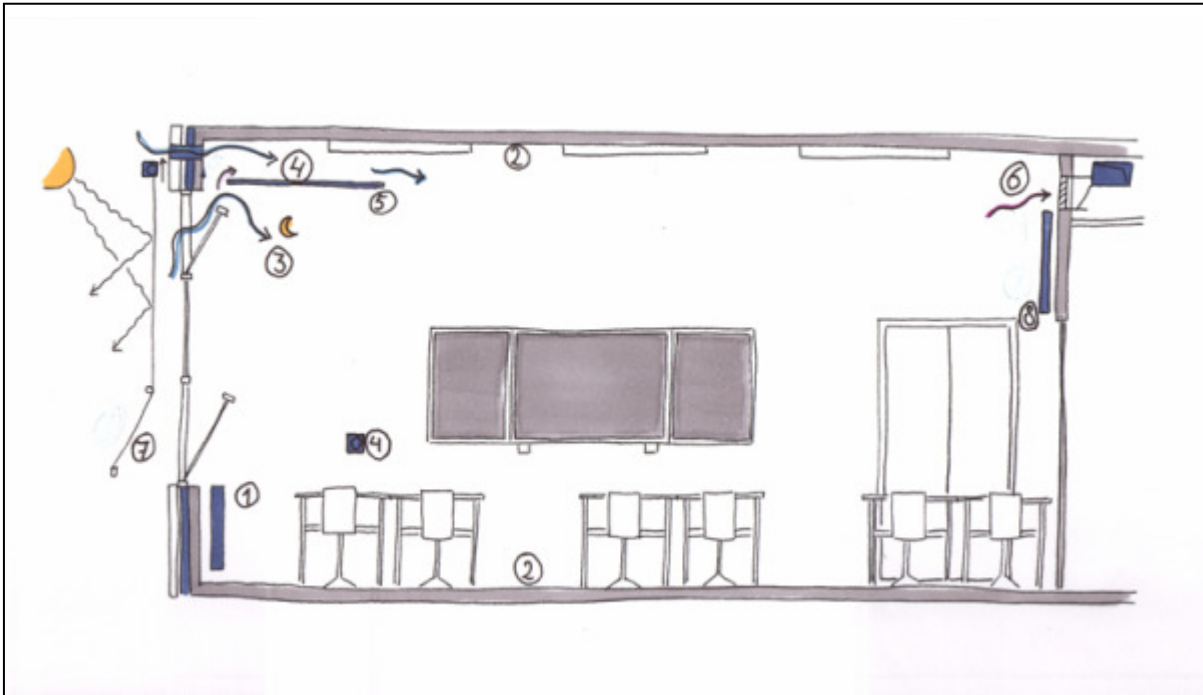


Principeschets variant B1

Legenda:

1. mechanische luchttoevoer (ventilatie en verwarming)
2. thermisch actieve bouwmassa (ook thermisch open plafond)
3. zomernachtventilatie
4. mechanische afzuiging in lokalen
5. uitvalschermen of screens
6. akoestische panelen
(eventueel ook deel van plafond indien noodzakelijk)

VARIANT B2 : NATUURLIJKE TOEVOER MET MECHANISCHE AFZUIGING, 750 m³/uur

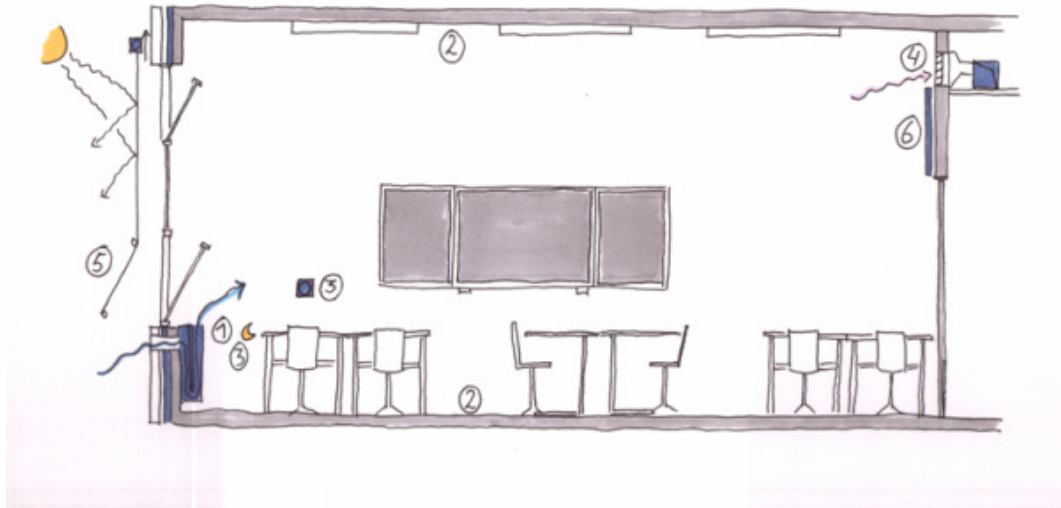


Principeschets variant B2

Legenda:

1. convectoren
2. thermisch actieve bouwmassa
3. zomernachtventilatie
4. natuurlijke luchttoevoer middels elektronische zelfregelende ventilatieroosters
5. tochtplank
6. mechanische afzuiging in de lokalen
7. uitvalschermen of screens
8. akoestische panelen
(eventueel ook deel van plafond indien noodzakelijk)

VARIANT B3 : LOKALE UNIT VERWARMING EN VENTILATIE



Principeschets variant B3

Legenda:

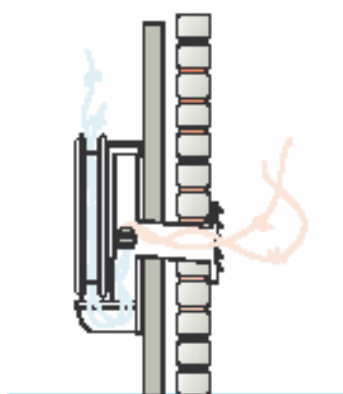
- 1. radiatoren inclusief ventilatie unit
- 2. thermisch actieve bouwmassa
- 3. zomernachtventilatie
- 4. mechanische afzuiging in de lokalen
- 5. uitvalschermen of screens
- 6 . akoestische panelen (indien noodzakelijk)

Innovatieve ventilatiesystemen voor klasse B scholen

Enkele leveranciers zijn bezig met de ontwikkeling van een eenvoudig ventilatiesysteem dat geïntegreerd kan worden met radiatoren. Hieronder afgebeeld vindt u een prinscheschets van de Gentle Vent oplossing, het Innosource systeem, het oxyGen systeem en het Climrad-systeem. De systemen zijn gebaseerd op een decentrale unit achter de radiator, die ook achter bestaande radiatoren is in te bouwen. Een besturing houdt de optimale luchthoeveelheid constant. De lucht stroomt voorverwarmd door de radiator het lokaal in. Het risico op tochtvinder wordt hierdoor geminimaliseerd.

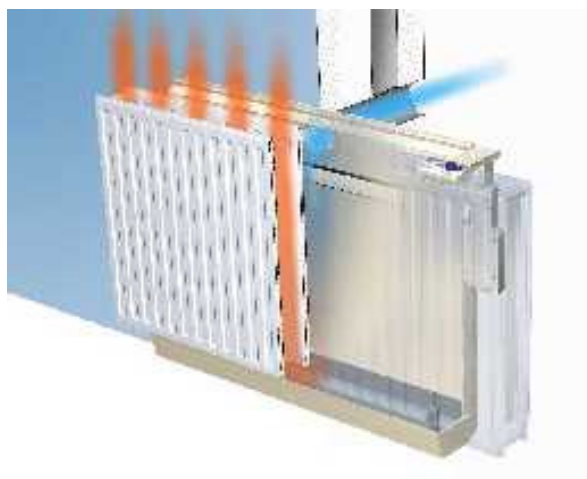
Het betreft een modulair systeem dat kan worden gecombineerd met verschillende installatieconcepten met verschillende afvoersystemen. De systemen zijn primair voor de woningbouw ontwikkeld, maar hebben (met enige aanpassingen) ook mogelijkheden voor het toepassing in scholen betreft. Bijvoorbeeld wanneer de toevoercapaciteit via hoog in de gevel aangebrachte gevelroosters onvoldoende is, kan aanvullende lucht worden toegevoerd (die 's winters voorverwarmd wordt) van direct achter de radiator...

Meer details over deze producten vindt u op: www.gentle-vent.nl, www.innosource.nl en www.climarad.nl, <http://www.jaga.nl/>

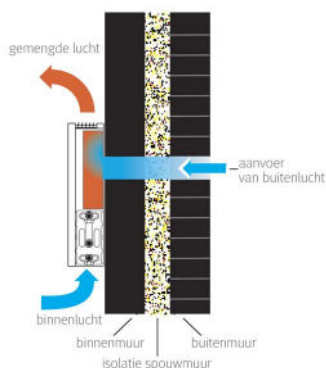


doorsnede innovatus

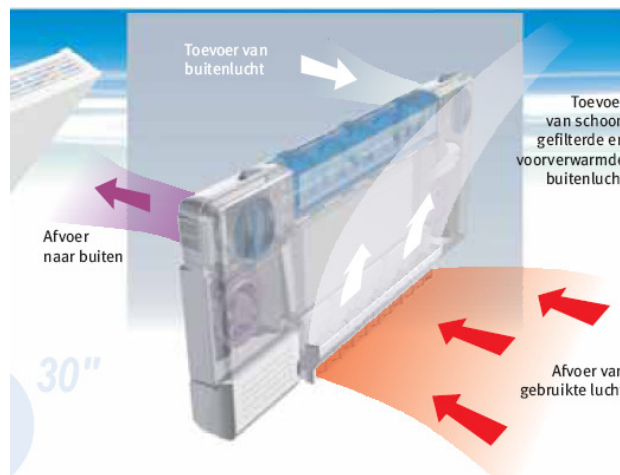
Principeschets (voorbeeld Innosource)



Principeschets (voorbeeld Gentle-Vent)



Principeschets oxyGen (Jaga)



Principeschets Climrad (Brugmans)

5.4 Klasse C installatieconcept

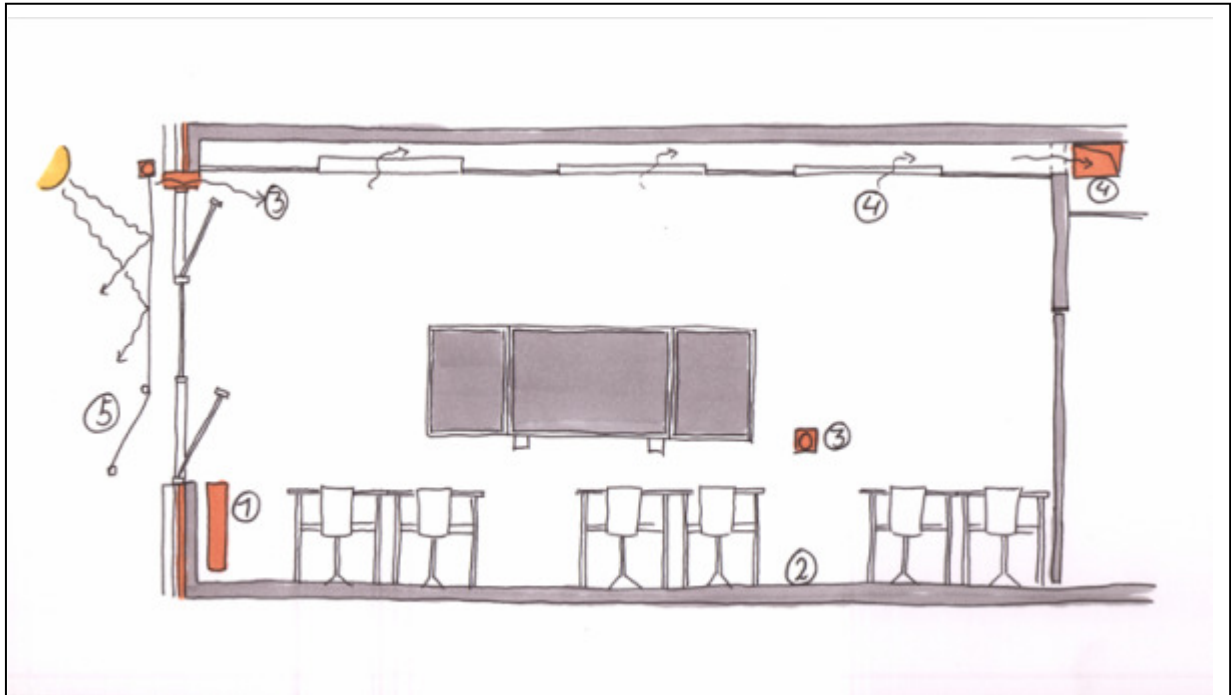
Hieronder worden 2 voorbeelden van klasse C installatieconcepten gepresenteerd (met de bijbehorende bouwkundige randvoorwaarden) waarmee aan de in tabel 4 onder 'klasse C' genoemde eisen voldaan kan worden:

	Klasse C installatieconcept	
Rc-waarde buitenwanden	2,5 W/m ² K	
U-waarde glas (incl. kozijn)	2,7 m ² K/W	
Verwarming	Convectoren of plaatradiatoren langs de gevel	
Koeling	Nee	
Nachtventilatie	Nee	
Effectieve thermische capaciteit bouwmasa	Massa van de vloerconstructie 250 kg/m ² , verder steenachtig binnenblad gevel en/of deels steenachtige binnenwanden.	
Ventilatie	Variant C1: Natuurlijke toevoer via mechanische, zelfregelende ventilatieroosters (totaal capaciteit 500 m ³ /h/lokaal, v.v. ca. 3,5), mechanische afzuiging in klaslokaal	Variant C2*: Natuurlijke toevoer via kleine traploos instelbare ramen hoog in de gevel en natuurlijke afvoer via kleine traploos instelbare ramen hoog in de tegenoverliggende gevel, inclusief CO ₂ indicator per lokaal.
Te openen ramen	Minimaal 6 te openen delen van elk 1 m ² of meer, waarvan minimaal 3 helemaal bovenin raamvlak aangebracht.	In tegenoverliggende gevels strook van te openen valramen (ca. 30 cm hoog en 4 m. lang) direct onder plafond (voorzien van zijschot) en minimaal 3 te openen ramen van ca. 1,5 m ² onderin het raamvlak
Filterkwaliteit	n.v.t.	
Buitenzonwering	Uitvalschermen of screens (buiten) op zonbelaste gevels	

* Variant C2 wordt bij voorkeur toegepast in bestaande te renoveren schoolgebouwen. Voorwaarden zijn dat de klaslokalen een minimale ruimtehoogte hebben van 3,50 meter, dat leerkrachten en leerlingen goed geïnstrueerd worden over het gebruik van te openen ramen, dat de locatie niet geluidsbelast is en dat de buitenluchtkwaliteit niet meer dan gemiddeld verontreinigd is.

Op de volgende bladzijden zijn de klasse C installatieconcepten verder toegelicht middels schetsen van voorbeeldoplossingen: de eerste variant met natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging en de tweede variant middels dwarsventilatie.

VARIANT C1: NATUURLIJKE TOEVOER MET MECHANISCHE AFZUIGING, 500 m³/uur

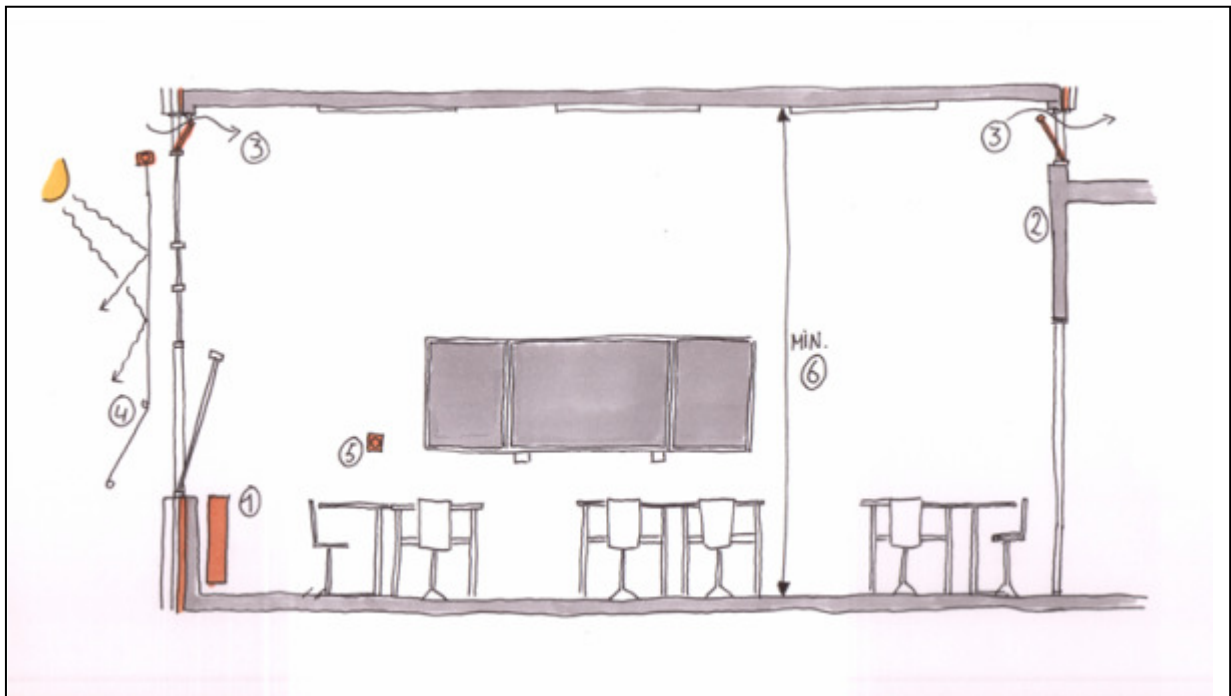


Principeschets variant C1

Legenda:

1. convectoren of radiatoren
2. steenachtige wanden en vloeren
3. mechanische zelfregelende ventilatieroosters
4. mechanische afzuiging via plenum
5. uitvalschermen of screens

VARIANT C2: DWARSVENTILATIE:



Principeschets variant C2

Legenda:

1. convectoren of radiatoren
2. steenachtige wanden en vloeren
3. dwarsventilatie via kleine te openen ramen hoog in de gevel
4. uitvalschermen of screens
5. CO₂ indicator
6. ruimtehoogte minimaal 3,5 meter

Leerlingen raken oververhit

't Regende klachten! Veel te warm in die klaslokalen, om van het computerlokaal nog maar niet te spreken. De roostermaker werd lastig gevallen door de leerlingen: "We drijven het lokaal uit!". De nieuwbouw was nog maar net in gebruik genomen; de directie begreep er niets van. Metingen toonden aan dat er geregeld binnentemperaturen van 30 °C werden bereikt! Hoe kon dat nou gebeuren? Mensen waarin hij het volste vertrouwen had hadden dit project toch begeleid. Zij hadden toch ervaring genoeg! De architect kent toch de eisen. En de installateur? Al jaren deed hij zaken met deze man, altijd prima in orde!

Bij nader onderzoek bleek dat het volgende aan de hand was:

- De klimaatinstallatie was voorzien van een warmteterugwin-unit; 's winters werkte e.e.a. prima (voorverwarming van de toevoerlucht met de restwarmte van de retourlucht), echter de warmteterugwinning stond ook 's zomers ingeschakeld (er was niet voorzien in een bypass voor de warme perioden van het jaar)...
- Geen enkel raam kon worden geopend, want dat zou de werking van de klimaatinstallatie nadelig beïnvloeden. Bedompte lucht was het gevolg, want het ventilatiesysteem werd op warme dagen natuurlijk uitgezet.
- Er was (ook in de zonbelaste lokalen) niet voorzien in buitenzonwering.
- Daarbij produceerde het ventilatiesysteem (indien ingeschakeld) erg veel geluid (er werden waarden gemeten van 50 - 60 dB(A) terwijl in een klaslokaal (waar mondelinge communicatie essentieel is) normaliter een bovengrens van 30 a 35 dB(A) voor installatiegeluid wordt aangehouden.

Het bouwteam kwam noodgedwongen weer bij elkaar; deze keer werd er tevens een arbo-adviseur bij betrokken.

Inmiddels wordt er gewerkt aan een oplossing. Het ventilatiesysteem wordt voorzien van een bypass voor zomer gebruik, er worden in elk lokaal 3 te openen ramen aangebracht, de zonbelaste ruimten krijgen screens aan de buitenkant en er wordt middels extra akoestische demping iets aan het hoge installatiegeluidsniveau gedaan.

Men is kennelijk nooit te oud om te leren.

5.5 Opmerkingen t.a.v. conceptuitwerking

Nadat besloten is welk type installatieconcept gekozen wordt, dan zal men (tijdens de DO-fase en de besteksfase) keuzen dienen te maken op 'detailniveau'.

Er zijn een aantal zaken waar men bij de nadere uitwerking expliciet aandacht aan dient te besteden:

- *Risico op oververhitting*: zeker wanneer afgezien wordt van actieve koeling (dus bij klasse B en C installatieconcepten) zal men altijd met een Temperatuur Overschrijdings (TO) berekening moeten controleren of aan de in tabel 4 genoemde temperatuureisen voldaan wordt, e.e.a. gegeven de werkelijke lokaalgrootte, de werkelijk te verwachten interne warmtelast, het in de praktijk toe te passen type zonwering, de grootte van de ramen en de oriëntatie ervan plus de werkelijk aanwezige (thermisch actieve) bouwmassa;
- *Thermostaatknoppen*: De verwarming is per lokaal bij voorkeur te beïnvloeden met één thermostatische wandknop in de buurt van het schoolbord; e.e.a. opdat kinderen er niet aan komen;
- *Schoonmaakbaarheid verwarming en gevelroosters*: Vanwege het intensieve gebruik van schoollokalen is het extra belangrijk dat bij de detaillering aandacht is besteed aan de schoonmaakbaarheid / onderhoudbaarheid; gevelroosters bijvoorbeeld dienen van een dusdanig type te zijn dat deze makkelijk (van binnen uit) open zijn te 'klikken' om deze vervolgens van binnen schoon te maken; radiatoren en convectoren dienen zo geplaatst en vervaardigd te zijn dat men stof op en in de radiatoren / convectoren relatief eenvoudig kan verwijderen;
- *Schoonmaakbaarheid en onderhoudbaarheid mechanische ventilatiesystemen*: Ook mechanische ventilatiesystemen kunnen (bij onvoldoende onderhoud en gebrekkige detaillering op schoonmaakbaarheid) de luchtkwaliteit op termijn in negatieve zin beïnvloeden. Het is daarom belangrijk om bij het ontwerp van ventilatieboxen, luchtbehandelingskasten, luchtkanalen e.d. expliciet aandacht te besteden hieraan; voor meer informatie over het ontwerp van 'gezonde' ventilatiesystemen zie cahier P1 'Eisen voor gezonde mechanische ventilatiesystemen' in het Praktijkboek Gezonde Gebouwen.
- *Risico op tochtklachten bij toepassen van natuurlijke ventilatie*: Gezien de relatief hoge ventilatievouden die in klaslokalen nodig zijn, is de kans op tochtklachten 's winters onder (achter) gevelroosters groot; het risico op tocht is te beperken door zelfregelende roosters toe te passen die handmatig zijn te overrulen (wanneer men last heeft tocht); verder is plaatsing van de roosters zo hoog mogelijk in de gevel (pal onder het plafond) aan te bevelen en kan het in sommige gevallen nodig zijn om zogenaamde tochtplanken toe te passen die menging van de ventilatielucht met de (al warme) ruimtelucht mogelijk maakt voordat de ventilatielucht de leefzone bereikt; raadpleeg leveranciers van gevelroosters voor meer informatie alvorens definitieve keuzen te maken.
- *Geluidbelasting gevel en natuurlijke ventilatie*: Indien gekozen wordt voor natuurlijke toevoer zal altijd gecontroleerd dienen te worden hoe groot de geluidbelasting op de gevel is; waar sprake is van een 'belaste locatie' zal moeten worden voorzien in suskasten; benader bij twijfel een akoestisch adviseur;
- *Emissies van inrichtingsmaterialen*: uit onderzoek is bekend (zie ook Boerstra et al, 2002) dat sommige typen nieuwe inrichtingsmaterialen grote hoeveelheden vluchtige organische stoffen af kunnen geven; om irritatie van de luchtwegen en andere luchtkwaliteitsklachten te voorkomen zal (door de architect) speciale aandacht besteed moeten worden aan de emissiekenmerken van bv. het type verf dat binnen wordt toegepast (wateroplosbare natuurverven hebben de voorkeur) en bv. het type vloerbedekking (harde vloerbedekking geeft in de regel de minste emissies en is daarbij ook nog beter schoon te houden dan textiele vloerbedekking);
- *Te openen ramen*: In schoollokalen heeft men naast de basisventilatievoorzieningen (mechanische ventilatie of gevelroosters) altijd ook te openen ramen nodig voor spui-ventilatie; van deze te openen delen zit een deel zo hoog mogelijk in de gevel; de te openen ramen dienen voorzien te zijn van een uitzetmechanisme dat eenvoudig is te bedienen (ook voor de hogere ramen!) en bij de detaillering van de ramen is expliciet rekening te houden met het risico op inbraak.

5.6 Adviezen t.a.v. ingebruikname en beheer

Met alleen een goed installatieontwerp is de kwaliteit van het binnenmilieu nog niet 100% gegarandeerd.

Vandaar dat we dit hoofdstuk besluiten met enige wenken t.a.v. oplevering, ingebruikname, beheer en onderhoud:

Ingebruikname

Voordat de inhuizing begint moet tenminste aan de volgende voorwaarden voldaan zijn:

- De bouw moet volledig voltooid zijn.
- De klimaatinstallaties moeten in alle ruimten zowel waterzijdig als luchtzijdig correct zijn ingeregeld (denk ook aan inregeling van gevelroosters); zorg voor een inregelstaat waarin de inregelactiviteiten zijn vastgelegd; later "inregelen naar aanleiding van klachten" is volstrekt onaanvaardbaar.
- Bij voorkeur zijn de installaties door een onafhankelijke derde partij getoetst aan het PvE en het bestek (commissioning).
- De gebruikte bouw- en inrichtingsmaterialen moeten voldoende zijn uitgedampt (vuistregel: wacht minimaal een week na schilderwerk of het leggen van vloerbedekking voor met de inhuizing begonnen wordt).
- De medewerkers moeten geïnformeerd worden over de juiste bediening van de temperatuurregeling en andere regelingen of schakelingen die voor hen van belang zijn; zorg voor zowel een schriftelijke instructie (bv. op te hangen in elk lokaal) en (bij ingewikkelde systemen) ook een mondelinge instructie.
- Er is voorzien in volledige, overzichtelijke en in begrijpelijke taal gestelde bedieningsvoorschriften ten behoeve van de gebouwbeheerder (en onderhoudsfirma als dit een ander is dan de uitvoerend installateur); e.e.a. inclusief duidelijke tekeningen en schema's;
- Er is voorzien in een gestructureerd preventief onderhoudsprogramma, met daarin minimaal: beschrijving van benodigde periodieke inspecties en routinematige procedures voor alle installatiedelen (denk bv. aan instructie t.a.v. vervanging van filters); beschrijf op welke termijn calibratie van de regelapparatuur en regelingen nodig is; en geef aan hoe vaak luchtzijdig en waterzijdig naregelen nodig is.

Nazorg & beheer:

Na de oplevering worden de taken van de bouwopzichter overgedragen aan de gebouwbeheerder (onderhoudscoördinator namens het schoolbestuur / bovenschools management).

Om een goede nazorg te kunnen realiseren is het van belang dat de kwaliteit van de

klimaatinstallaties periodiek wordt geëvalueerd. Input hiervoor wordt bijvoorbeeld verkregen uit:

- Systematische inventarisatie van de gebruikerservaringen ten aanzien van het binnenmilieu; afzonderlijke klachten dienen zo snel mogelijk behandeld te worden en periodieke analyse van het totaal van de meldingen is een hulpmiddel voor het opsporen van structurele problemen.
- Het bijhouden van overzicht van preventief en curatief onderhoud van de klimaatinstallatie; hierbij is het van belang dat de installateur die het installatieonderhoud verzorgt systematisch (schriftelijk) bijhoudt welke activiteiten zijn uitgevoerd (onderhoudslogboek).
- De registratie van het energiegebruik.

Het beheer van de klimaatinstallatie is slechts een onderdeel van het integrale beheer van het schoolgebouw. Voor de kwaliteit van het binnenmilieu is het tevens van belang dat ook het bouwkundig onderhoud 'op orde is' en (nog belangrijker) dat de lokalen frequent genoeg (en goed genoeg) worden schoongemaakt (vaak een groot probleem in scholen).

6. NAWOORD

Met deze voorstudie heeft de TVVL het initiatief genomen om het onderwerp binnenmilieu in basisscholen op de agenda te zetten.

Wat de TVVL betreft blijft het niet bij alleen dit rapport. Zo ziet het bestuur (en de werkgroep 'Kwaliteitsverbetering binnenmilieu in basisscholen') graag dat de in hoofdstuk 5 gepresenteerde globale aanwijzing voor het ontwerp van klimaatinstallaties in scholen (installatieconcepten) uitgewerkt worden in gedetailleerde technische richtlijnen. Tevens kunnen aanvullende nieuwe installatieconcepten ontwikkeld worden.

De eerste versie van de voorstudie is daarom aangeboden aan ISSO met het voorstel om dit rapport als uitgangspunt te nemen voor een ISSO publicatie 'Installatietechnische oplossingen voor een gezonde, prestatiebevorderende basisschool'. Deze ISSO publicatie zou dan bv. niet alleen veel uitgebreidere aanwijzingen ten aanzien van het installatieontwerp (en beheer) bevatten dan het onderhavige rapport, ook zouden er veel meer oplossingsvarianten (installatieconcepten) in gepresenteerd worden dan in het huidige rapport. Inmiddels is besloten om een dergelijke ISSO publicatie op te stellen die naar verwachting in de loop van 2007 zal verschijnen. De ISSO publicatie houdt vast aan de kwaliteitsklasse A, B, C indeling. De publicatie is daarnaast in de eerste plaats gericht op verbetering van de binnenmilieukwaliteit in scholen, maar gaat ook in op technische onderhoudsaspecten en mogelijkheden tot beperking van het energiegebruik in scholen.

Gezien het belang van ook de bouwkundige aspecten (denk aan zonwering, bouwmassa, kwaliteit inrichtingsmaterialen) zou samenwerking met de afdeling STARGO¹ van de BNA gewenst zijn. Deze samenwerking is echter tot op dit moment nog niet gerealiseerd. In het kader van de vervolgstudie zal nogmaals getracht worden om in dat verband contacten te leggen en bij een positieve ontwikkeling wordt het eindresultaat geen ISSO publicatie maar een ISSO/BNA publicatie. In die integrale publicatie zouden dan zowel de installatietechnische als de bouwkundige oplossingen beschreven worden, die nodig zijn om een gezonde school met een goed binnenmilieu te creëren.

Tot slot zal de TVVL op het vlak scholen en binnenmilieu internationaal blijven samenwerken. Specifiek gaat het dan om inbreng in *Taskforce 4* van REHVA getiteld "*Indoor Environment and Energy in Schools*". Deze Taskforce bereidt een REHVA Guidebook voor waarvoor mogelijk delen uit het onderhavige rapport (plus uit de toekomstige ISSO publicatie zijn te gebruiken.

¹ Stichting Architecten Research Onderwijsgebouwen

LITERATUUR & WEBSITES

Literatuur:

- Bakke, J.V., 1999. State-of-the-art report on requirements and recommendations for indoor climate in schools. A report to the Norwegian asthma and allergy association and the Norwegian teachers association. *Indoor Air*, Volume 1, pp. 516-21.
- Boerstra, A.C. e.a., 2002. *Arbothemacahier 8 'Binnenmilieu'*. Sdu uitgevers, Den Haag.
- Boerstra, A.C., Haans, L., Leijten, J., 2003. Hoofdstuk D Binnenmilieu. In: *Basiswerk Duurzaam & Gezond Bouwen*. NIBE Publishing bv, Bussum.
- Boerstra, A.C., Leijten, J.L., 2000. Diagnosing Problem Buildings: The risk factor approach. *Proceedings 9^e symposium van de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVVA) 'Arbeidshygiëne, wetenschap en praktijk'*, pp. 125 - 135. NVVA, Eindhoven.
- Bronsema, B., 2002. Een nieuwe school – Kan het ook beter? (1) Verslag van een zoektocht. *TVVL Magazine*, nr. 7/8.
- Bronsema, B., 2003. Een nieuwe school – Kan het ook beter? (2) Het ontwerp: Van theorie naar praktijk. *TVVL Magazine*, nr. 1.
- Bronswijk, J.E.M.H. van, Pernot, C.E.E., Koren, L.G.H., van Lynden- van Nes, A.M.T., Snijders, M.C.L., Nillesen, I.P.M., van Laere, M.L.F., 1998. CARA-kwaliteit van woningen: de gezondheidsbeschermende potentie van ventilatie en verwarming. *Verwarming en ventilatie*.
- Coenradi, W.B. *Klimaatinstallaties Vervuiling, Reiniging en Onderhoud. Beheersmaatregelen binnenklimaat 04/01-REV-00*.
- Cox, C.W.J., de Groot, E.H., van Putten, J.S.C., van Luxemburg, L.C.J., Boerstra, A.C. *Binnenmilieu Prestatie-eisen kantoorgebouwen. Serie Praktijkboek Gezonde Gebouwen, cahier R2*. SBR / ISSO, Rotterdam.
- Gorter, C.E., Boerstra, A.C., van der Vliet, J., Verlinde, M.J.H., 2003. Eisen voor gezonde mechanische ventilatiesystemen. *Serie Praktijkboek Gezonde Gebouwen, cahier P1*. SBR / ISSO, Rotterdam.
- Gorter, C.E., Weterings, M., 2003. Allergeenarme Gebouwen. *Serie Praktijkboek Gezonde Gebouwen, cahier V1*. SBR / ISSO, Rotterdam.
- Hasselaar, E., Haans, L., Boerstra, A.C., Habets, T., 2004. *Basiswerk Binnenmilieu. Serie Praktijkboek Gezonde Gebouwen, cahier A1*. SBR / ISSO, Rotterdam.
- Heath, G.A., Mendell, M.J., 2002. Do indoor environments in schools influence student performance? A review of the literature. *Indoor Air 2002*, Vol 1, pp. 802-7.
- Hodgson, M., 1997. Health effects in office workers. *Healthy Buildings '97*, Vol 2, pp. 3-18.
- ISSO / SBR, 1995. *Model Kwaliteitsbeheersing Klimaatinstallaties (MKK)*, SBR, ISSO, Rotterdam.
- Leijten, J.L., 2002. Binnenmilieu, productiviteit en ziekteverzuim. *Serie Praktijkboek Gezonde Gebouwen, cahier A3*. SBR / ISSO, Rotterdam.
- Leijten, J.L., Tan, J.H., 2002. *Praktijkguiden arbeidshygiëne: Arbeidshygiëne bij nieuwe huisvesting, nieuwbouw, renovatie en huren*. Kluwer, Alphen aan den Rijn.
- Mendell, M.J., Fisk, W.J., Petersen, M.R., e.a., 2002. Indoor particles and symptoms among office workers: Results from a double-blind cross-over study. *Epidemiology*, 13 (3): 296-304.
- Myhrvold, A.N., Olsen, E., Lauridsen, O. 1996. Indoor environments in schools – Pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations. *Indoor Air '96*, Vol. 4, pp. 369-74.
- Nardell, E.A., Keegan J., Cheney, S.A., Etkind, S.C., 1991. Theoretical Limits of Protection Achievable by Building Ventilation. *Am Rev Respir Dis.*;144(2): 302-6.
- Nederlandse Stichting Voor Verlichtingskunde, 2003. *Licht en gezondheid voor werkenden*.
- NEN, 1999. NPR-CR 1752: 1999. Ventilatie van gebouwen; Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden. *Nederlands Normalisatie-Instituut NEN*, Delft.
- Raue, A., 1999. Natuurlijke ventilatie – moet kunnen? *TVVL Magazine*, feb 2001, pp. 8 – 15.
- Smedje, G., Norback, D., Edling, C., 1996. Mental performance by secondary school pupils in relation to the quality of indoor air. *Indoor Air '96*. Vol 1, pp 413-6.
- Stichting Vervangingsfonds, Handleiding "Verbetering kwaliteit van de binnenlucht in scholen", , Heerlen.
- Sundell, J., 1994. On the association between building ventilation characteristics, some indoor environmental exposures, some allergic manifestations and subjective symptom reports. *Indoor Air '94*, Supplement No. 2.

- Ven, K. van de, 2002. Het binnenmilieu van basisscholen: onderzoek naar mogelijke verbeteringen van het ventilatiesysteem. TUDelft, Delft.
- Vree, F., van, Hoekstra, A., Bullens, J., 1999. Naar een betere atmosfeer ... "Hoe verbeteren we de kwaliteit van de binnenlucht in onze school", Stichting Vervangingsfonds en BGZ voor het Onderwijs, Heerlen.
- Wargocki P, Wyon DP, 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 2005, proceedings 368-372.
- Wyon, D.P., 1974. The effects of moderate heat stress on typewriting performance. Ergonomics. 17 (3), 309-318.

Websites:

- <http://www.epa.gov/>
- www.gezondbinnen.nl
- www.gezondegebouwen.nl
- www.gezondeluchtwerktbeter.nl
- www.ggd.nl/kennisnet
- www.astmafonds.nl
- <http://www.frissescholen.nl/>
- <http://www.onderwijspaleis.nl/>

BIJLAGEN

BIJLAGE A: VERKORTE VRAGENLIJST KLACHTENONDERZOEK^{© BBA}

Deze verkorte vragenlijst voor leerkrachten is bedoeld voor oriënterend binnenmilieu-onderzoek in basisscholen wanneer sprake is van klachten over het thermisch binnenklimaat en/of de luchtkwaliteit in de klaslokalen.

- | | | | | |
|--|----|-----------------------|-----|-----------------------|
| Heeft u, in uw eigen lokaal, vaak last van geïrriteerde of branderige ogen? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Heeft u, in uw eigen lokaal, vaak last van keelirritaties of een droge keel? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Heeft u, in uw eigen lokaal, vaak last van een loopneus of een verstopte neus? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Vindt u het 's winters vaak te warm in uw lokaal? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Vindt u het 's winters vaak te koud in uw lokaal? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Vindt u het 's zomers vaak te warm in uw lokaal? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Vindt u het 's zomers vaak te warm in uw werkplek? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Heeft u, in uw eigen lokaal, vaak last van tocht? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Vindt u de lucht, in uw eigen lokaal, vaak droog? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Ervaart u de lucht, in uw lokaal, als u binnenkomt, vaak als bedompt of benauwd? | JA | ☐ | NEE | ☐ |
| Heeft u vaak last van geluid van de verwarming of het ventilatiesysteem? | JA | ☐ | NEE | ☐ |

Heeft u zelf nog andere klachten die volgens u veroorzaakt worden door het schoolgebouw? JA ☐ NEE ☐

ZO JA, welke?

.....

Hebben de kinderen (gezondheids)klachten die volgens u veroorzaakt of verergert worden door de temperatuur of binnenlucht in het schoolgebouw? JA ☐ NEE ☐

ZO JA, welke?

.....

Heeft u verder nog opmerkingen? Bv. over andere ruimten? JA ☐ NEE ☐

ZO JA, welke?

.....

BIJLAGE B: WETTEN, NORMEN & RICHTLIJNEN

THERMISCH BINNENKLIMAAT	
Arbobesluit	
Artikel 6.1	Binnen en buitenklimaat
Arboregeling	
Artikel 5.2	Inrichting van de werkplek
Arbobeleidsregels	
Beleidsregel 6.1	Binnen en buitenklimaat
Bouwbesluit nieuwbouw	
Afdeling 5.1	Thermische isolatie
Afdeling 5.2	Beperking van luchtdoorlatendheid
Normen	
NEN-ISO 7243	'Hete omgevingsomstandigheden', 1989/1996
NEN-ISO 7726	'Ergonomie van de thermische omgeving; Instrumenten voor het meten van fysische grootheden', 2001
NEN-ISO 7730	'Gematigde thermische binnenomstandigheden; Bepalingen van de PMV- en de PPD-waarde en specificaties van de voorwaarden voor thermische behaaglijkheid', 1996
NEN-ISO 7933	Hete klimaatomstandigheden. Analytische bepaling en interpretatie van de warmtebelasting met behulp van de berekening van de vereiste zweetproductie, 1990
NPR-CR 1752	'Ventilatie van gebouwen; Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden', 1999
NEN 1068	'Thermische isolatie van gebouwen; Rekenmethoden', 2001
NEN 2686	'Luchtdoorlatendheid van gebouwen; Meetmethode', 1988
LUCHTKWALITEIT	
Arbobesluit	
Artikel 3.12	Ramen en bovenlichtvoorzieningen van de ruimten
Artikel 3.19	Afmetingen en luchtvolume van ruimten: bewegingsruimte op de arbeidsplaats
Artikel 3.20	Ontspanningsruimten
Artikel 4.2	Nadere voorschriften inventarisatie en evaluatie
Artikel 4.3	Verpakking en etikettering
Artikel 4.9	Arbeidshygiënisch regime
Artikel 4.10	Ventilatie
Artikel 4.41	Asbestverbod
Artikel 4.42	Uitzonderingen op het asbestverbod
Artikel 4.87	Voorkomen of beperken van de blootstelling aan biologische agentia
Artikel 4.62b	Voorkomen van blootstelling en vervangen van vluchtige organische stoffen
Artikel 6.2	Luchtverversing
Arboregeling	
Artikel 4.18	Verbod recirculatie / verboden stoffen
Artikel 4.32a	Lijmen en verven in binnensituaties
Artikel 5.2	Inrichting van de werkplek
Arbobeleidsregels	
Beleidsregel 4.2-1	Wijze van beoordelen van blootstelling aan toxische stoffen
Beleidsregel 4.3	Etikettering gevaarlijke stoffen die op de werkplek aanwezig zijn
Beleidsregel 4.9-1	Doeltreffende beheersing van blootstelling aan toxische stoffen
Beleidsregel 6.2	Luchtverversing
Bouwbesluit nieuwbouw	
Afdeling 3.6	Wering van vocht van buiten
Afdeling 3.7	Wering van vocht van binnen

Afdeling 3.10	Luchtverversing van een verblijfsgebied, verblijfsruimte, toiletruimte en badruimte
Afdeling 3.12	Luchtverversing van overige ruimten
Afdeling 3.13	Toevoer van verbrandingslucht
Afdeling 3.14	Afvoer van rook
Afdeling 3.15	Beperking van de toepassing van schadelijke materialen
Afdeling 3.16	Beperking van het kunnen binnendringen van uit de grond afkomstige schadelijke stoffen of straling
Afdeling 3.17	Bescherming tegen ratten en muizen
Afdeling 4.16	Opstelplaats voor een stooktoestel
Bouwbesluit bestaand	
Afdeling 3.6	Wering van vocht van buiten
Afdeling 3.7	Wering van vocht van binnen
Afdeling 3.10	Luchtverversing van een verblijfsgebied, verblijfsruimte, toiletruimte en badruimte
Afdeling 3.11	Spuivoorziening
Afdeling 3.12	Luchtverversing van overige ruimten
Afdeling 3.13	Toevoer van verbrandingslucht
Afdeling 3.14	Afvoer van rook
Afdeling 3.17	Bescherming tegen ratten en muizen
Afdeling 4.16	Opstelplaats voor een stooktoestel
Tijdelijke regeling legionellapreventie in leidingwater	
Tabakswet	
Normen/praktijkrichtlijnen	
NEN 1087	'Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw', 2001
NEN 1089	'Ventilatie van schoolgebouwen: eisen', 1986
NPR 1090	'Ventilatie van schoolgebouwen: voorbeelden van bouwkundige oplossingen, afgestemd op NEN 1089, 1993
NPR-CR 1752	'Ventilatie van gebouwen; Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden', 1999
NEN 2778	'Vochtwering in gebouwen; Bepalingsmethoden', 1991
NEN 2757	'Toevoer van verbrandingslucht en afvoer van rook van verbrandingstoestellen in gebouwen; Bepalingsmethoden', 2001
NEN 8087	'Ventilatie van gebouwen; Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen', 2001
NEN 2690	'Luchtdoorlatendheid van gebouwen; Meetmethode voor de specifieke luchtvolumestroom tussen kruipruimte en woning', 1991
GELUID	
Arbobesluit	
Artikel 6.7	Nadere voorschriften inventarisatie en evaluatie, beoordelen en meten
Artikel 6.8	Voorkomen of beperken van schadelijk geluid
Arbobeleidsregels	
Beleidsregel 6.8	Voorkomen of beperken van schadelijk geluid
Arboregeling	
Artikel 5.2	Inrichting van de werkplek
Bouwbesluit nieuwbouw	
Afdeling 3.1	Bescherming tegen geluid van buiten
Afdeling 3.2	Bescherming tegen geluid van installaties
Afdeling 3.3	Geluidwering tussen verblijfsruimten van dezelfde gebruiksfunctie
Afdeling 3.4	Beperking van galm
Afdeling 3.5	Geluidwering tussen ruimten van verschillende gebruiksfuncties
Normen	
NVN 3438	'Ergonomie - Geluidhinder op de arbeidsplaats - Streefwaarden voor geluidniveau en nagalmtijden met betrekking tot verstoring van de communicatie en concentratie', 1985
NEN 5077	'Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidwering van scheidingsconstructies en geluidniveaus veroorzaakt door installaties', 2001
NEN 5078	'Geluidwering in gebouwen – Rekenmethode voor de bepaling van geluidabsorptie in ruimten', 1990/1997

NPR-CR 1752	'Ventilatie van gebouwen; Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden', 1999
LICHT EN UITZICHT	
<i>Arbobesluit</i>	
Artikel 6.3	Daglicht en kunstlicht
Artikel 6.5	Weren van zonlicht
<i>Arboregeling</i>	
Artikel 5.2	Inrichting van de werkplek
<i>Arbobeleidsregels</i>	
Beleidsregel 6.3	Verlichting
<i>Bouwbesluit nieuwbouw en bestaand</i>	
Afdeling 2.8	Verlichting
Afdeling 3.20	Daglicht
<i>Normen</i>	
NEN 3087	'Ergonomie – Visuele ergonomie in relatie tot verlichting, principes en toepassingen', 1997
NEN 1890	'Binnenverlichting – functionele eisen', 1991
NEN 2057	'Daglichtopeningen van gebouwen – verkorte bepalingsmethode voor de equivalente daglichtoppervlakte van daglichtopeningen', 2001
NPR 3437	'Ergonomie. Visuele aspecten van getinte beglazing in de werkomgeving', 1997

BIJLAGE C: VENTILATIE VAN SCHOOLGEBOUWEN EN HET BOUWBESLUIT

In deze bijlage wordt een toelichting gegeven op de eisen met betrekking tot ventilatie van schoolgebouwen (lees: ruimten met een onderwijsfunctie) uit het Bouwbesluit. In het Bouwbesluit kunnen de eisen aan de ventilatievoorzieningen worden gevonden in de afdelingen 3.10 t/m 3.12. De eisen worden toegelicht met enkele voorbeelden.

Overigens wordt er op gewezen dat ook in het kader van de Arbo-wet eisen worden gesteld aan de toevoer van buitenlucht: 20 m³/uur voor een leerling en 30 m³/uur voor een leerkracht (Arbobeleidsregels artikel 6.2).

Eisen

Capaciteit van toe- en afvoervoorzieningen

Nieuwbouw

Uitgangspunt voor de capaciteitseisen in het kader van het Bouwbesluit 2003 zijn geweest een ventilatiedebiet per persoon van 5,5 dm³/s per persoon (leerling), uitgaande van een maximale CO₂-concentratie van 1200 ppm. Dit is conform NEN 1089 (1986). (Wil de Gids, persoonlijke communicatie). Het achtergrondrapport van deze eis is TNO Bouw rapport 94-BBI-1537, ing. W.F de Gids en ir. N.P.M. Scholten, 30 december 1994.

Opmerking auteurs: dit is gelijk aan de uitgangspunten voor categorie C in deze publicatie.

Voor een onderwijsfunctie worden in geval van nieuwbouw in het Bouwbesluit 2003 de volgende capaciteitseisen gesteld aan een voorziening voor luchtverversing (bestaande uit een component voor de toevoer van verse lucht en een component voor de afvoer van binnenlucht):

- 3,5 dm³/s.m² voor een verblijfsgebied
- 2,8 dm³/s.m² voor een verblijfsruimte

Onder een verblijfsgebied wordt verstaan een gedeelte van een gebruiksfunctie met tenminste een verblijfsruimte, bestaande uit een of meerdere, op dezelfde bouwlaag gelegen, aan elkaar grenzende ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte of een verkeersruimte.

Onder een verblijfsruimte wordt verstaan een ruimte bestemd voor het verblijven van mensen, dan wel een ruimte waarin de voor een gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten plaatsvinden.

De bovenstaande eisen gelden voor een bezettingsgraad-klasse B2, corresponderend met 1,3 – 3,3 m² vloeroppervlak per persoon (leerling). Een klaslokaal van ca. 50 m² met 14 tot 37 leerlingen en 1 leerkracht voldoet aan dit criterium. (In NPR 1090 wordt uitgegaan van een netto vloeroppervlak van 54 m² en maximaal 32 leerlingen; dit correspondeert met een vloeroppervlak van 1,69 m² per persoon (leerling)).

De toevoer van verse lucht naar een verblijfsgebied dient rechtstreeks van buiten plaats te vinden. Een mechanische toevoer wordt ook als een toevoer rechtstreeks van buiten beschouwd.

Of een ruimte (bijv. klaslokaal, hal of gang) als verblijfsgebied of verblijfsruimte wordt aangemerkt is afhankelijk van de aanvraag bouwvergunning. Uiteraard moet die aanvraag voldoen aan de voorschriften van het Bouwbesluit 2003. Een verkeersruimte mag geen deel uitmaken van een verblijfsgebied, maar een ruimte met een verkeersroute wel.

Opgemerkt wordt dat de verblijfsruimte-eis gezien wordt als een vangnetconstructie die een minimale ventilatie waarborgt in een deel van een verblijfsgebied. Het uitgangspunt voor de vereiste ventilatiecapaciteiten in het Bouwbesluit dienen derhalve de verblijfsgebied-eisen te zijn. Onder 'Voorbeelden' (zie volgende pagina) worden de consequenties voor het vereiste ventilatiedebiet van enkele keuzes voor verblijfsgebied/ verblijfsruimteverdeling gepresenteerd.

Bestaande bouw

Voor bestaande bouw geldt een capaciteitseis van $1,1 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$ voor een verblijfsruimte.

Opmerking auteurs: de capaciteitseis voor bestaande bouw geeft een zodanige ventilatie van een klaslokaal dat geen acceptabele luchtkwaliteit in het klaslokaal zal worden gerealiseerd.

De eisen voor de bestaande bouw worden als ondergrens vanuit het perspectief van gezondheid nog juist als acceptabel beschouwd. Van een bestaand bouwwerk is sprake nadat deze in het kader van het bouwen gereed is gemeld. Dat wil echter niet zeggen dat dit niveau in de praktijk voor veel situaties zal gelden. Immers, het reeds verkregen niveau (het niveau dat in de verleende bouwvergunning is vastgelegd, of bij vergunningsvrij bouwen, dat wettelijk ten tijde van dat bouwen gold, mag niet worden onderschreden.

Overige eisen

Het Bouwbesluit 2003 maakt onderscheid tussen ruimten waardoor een verkeersroute voert en verkeersruimten. De keuze voor het benoemen van de ruimte is aan de aanvrager van het gebouw c.q. aan de eigenaar van het gebouw. Een verkeersruimte mag geen onderdeel uitmaken van een verblijfsgebied. Een ruimte waardoor een verkeersruimte voert daarentegen wel. In geval van een onderwijsfunctie zijn geen eisen gesteld aan voorzieningen voor luchtverversing ten behoeve van een verkeersruimte..

In het Bouwbesluit 2003 is geregeld dat in alle verblijfsgebieden gelijktijdig de nominale ventilatie aanwezig moet kunnen zijn.

Verder is geregeld dat elke verblijfsgebied uitsluitend met verse lucht mag worden geventileerd. Dit betekent dat ventilatielucht van het ene verblijfsgebied niet mag overstromen naar een ander verblijfsgebied.

Van belang is verder dat in een onderwijsfunctie dwarsventilatie is toegestaan. Dit kan alleen als het verblijfsgebied van gevel tot gevel loopt.

Spuiventilatie

In het kader van het Bouwbesluit 2003 worden, zowel voor nieuwbouw als bestaande bouw, geen voorzieningen voor spuiventilatie geëist.

Noot auteurs: Ten behoeve van de beheersing van en de luchtkwaliteit en de temperatuur wordt sterk aanbevolen om altijd spuivoorzieningen (lees: te openen ramen) toe te passen!

In NPR 1090 staat aangegeven hoeveel beweegbaar raam men minstens moet hebben om een bepaalde temperatuurbeheersing te realiseren.

Voorbeelden

Diverse keuzes zijn mogelijk voor indeling van verblijfsgebieden/-verblijfsruimten. Onderstaand worden de consequenties gepresenteerd van een aantal van die keuzes.

Case 1. Lokaal als verblijfsgebied

Voor een lokaal van 50 m^2 leidt de verblijfsgebied-eis voor nieuwbouw uit het Bouwbesluit 2003 tot een vereiste capaciteit van de luchtverversing van $630 \text{ m}^3/\text{uur}$.

Uitgaande van een vereiste toevoer van $8,3 \text{ dm}^3/\text{s}$ ($30 \text{ m}^3/\text{uur}$, Arbo-eis) voor de leerkracht bedraagt de luchtverversing voor 25 leerlingen $6,7 \text{ dm}^3/\text{s}$ per persoon (leerling). Bij een toevoercapaciteit van $630 \text{ m}^3/\text{uur}$ voor een lokaal wordt tot een bezetting van 30 leerlingen een luchtverversing van minimaal $5,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ per persoon (leerling) gerealiseerd.

Indien een aan de lokalen grenzende hal of gang ook als verblijfsgebied is aangeduid dient de voorziening voor luchttoevoer en luchtafvoer ook voor dit deel van het verblijfsgebied te functioneren.

Omdat de vloeroppervlakte van het verblijfsgebied is toegenomen dient de capaciteit van die voorziening navenant groter te zijn. Luchttoevoer dient direct van buiten afkomstig te zijn.

De noodzakelijke capaciteit is afhankelijk van de bezettingsgraad en de vloeroppervlakte van het verblijfsgebied.

Voorbeeld: hal/gang 25 m², 5 (computer-)werkplekken, bezettingsgraad 5 m² per persoon (leerling) (bezettingsgraadklasse 3): vereiste toevoercapaciteit 1,4 dm³/s.m² oftewel 126 m³/uur.

Case 2. Lokaal als verblijfsruimte, onderdeel van groter verblijfsgebied

Een verblijfsruimte maakt deel van een verblijfsgebied (bijvoorbeeld meerdere lokalen (case 2a), eventueel in combinatie met (een deel van) een hal (case 2b). Voor een verblijfsgebied is een toevoercapaciteit van 3,5 dm³/s.m² (nieuwbouw, B2) vereist.

Case 2a: Verblijfsgebied bestaat uit twee of meer lokalen, waarbij elk afzonderlijk lokaal als verblijfsruimte wordt bestempeld

Voor alle lokalen tezamen geldt de verblijfsgebied-eis (betrokken op het totale vloeroppervlak). Bij een vloeroppervlak aan verblijfsgebied van 100 m² (2 lokalen) betekent dit een toevoercapaciteit van 1260 m³/uur. In een of meerdere lokalen kan ervoor worden gekozen om een geringere toevoercapaciteit te realiseren, met inachtneming van de verblijfsruimte-eis als minimum (500 m³/uur voor klaslokaal van 50 m²). Deze geringere toevoercapaciteit in een of meerdere lokalen dient te worden gecompenseerd door een hogere toevoer in het/de andere loka(a)l(en) zodanig dat voor het geheel aan de verblijfsgebiedeis wordt voldaan. Het is niet verboden dat de voorziening zo wordt gerealiseerd dat lucht vanuit het ene lokaal overstroomt naar het andere lokaal.

Case 2b: Verblijfsgebied bestaat uit lokaal en (deel) van de hal of gang (waarin zich ook werkplekken bevinden)

Aanname: lokaal 50 m², 25 leerlingen (verblijfsruimte, bezettingsgraad-klasse B2), aangrenzende deel gang/hal 25 m² (verblijfsruimte) met 5 (computer-)werkplekken (bezettingsgraadklasse B3). verblijfsgebied. Het gaat in totaal om 30 leerlingen en 1 leraar = 26 personen op een vloeroppervlakte aan verblijfsgebied van 75 m². Dit bepaalt de bezettingsgraadklasse: B2

Verblijfsgebied (lokaal + hal/gang): 75 m².

Vereiste toevoercapaciteit verblijfsgebied:

3,5 (B2) x 75 x 3,6 = 945 m³/uur.

Deze toevoercapaciteit kan op de volgende manieren worden gerealiseerd:

- Toevoer via gevel van lokaal/toevoer van mechanische ventilatie in lokaal, overstroom van lokaal naar hal/gang (enige optie indien hal/gang niet aan buiten grenst); kritisch ten aanzien van tocht, met name in geval van toevoer via gevel;
- Toevoer via hal/gang (mits direct van buiten), overstroom naar lokaal;
- Toevoer via lokaal en hal/gang (mits direct van buiten).

BIJLAGE D: BEVINDINGEN PRAKTIJKMETING

Door de TU Eindhoven is een onderzoek uitgevoerd naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen. Hieronder staan resultaten weergegeven van één school. Het geeft een indruk hoe het verloop van de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid is in een school.

Uit een inventarisatie bleek dat de gebruikers van de bewuste school gezondheidsklachten hebben waarvan men vermoedt dat ze zijn ontstaan door een slecht binnenmilieu. De klachten in de school betreffen: hinder van een muffe lucht met gezondheidsklachten als hoofdpijn, geïrriteerde slijmvliezen, oogklachten en dergelijke.

Gebouw:

- Bouwjaar 1977

Gebruikers lokaal:

- Groep 4, 16 leerlingen en 1 leerkracht

Ventilatievoorzieningen:

- 4 ramen, waarvan 2 schuiframen en 2 kiepramen
- 2 deuren, waarvan 1 buitendeur en 1 deur naar de gang
- handmatig te bedienen mechanische afzuiging.
- Spuiventilatie is beperkt mogelijk door de positionering van de ramen t.o.v. de deur.

Meetmethode

Problemen werden verwacht bij de toepassing van de ventilatie tijdens mindere weerscondities. Voor dit onderzoek is dan ook bewust gekozen voor een wintersituatie waarbij er minimaal geventileerd zal worden.

CO₂, T en RV-metingen

De meetopstelling, weergegeven in figuur x stond gedurende 9 schooldagen midden in het lokaal in de stookperiode. Om de 6 minuten werden meetwaarden gelogd.

De gemeten parameters zijn:

- T (temperatuur)
- RV (relatieve vochtigheid)
- CO₂ (koolstofdioxide)

Ventilatiemetingen

D.m.v. tracergas wordt inzicht gekregen in de ventilatie van het lokaal. Met behulp van een afnamecurve na het stoppen van de dosering kan het ventilatievoud bepaald worden. Dit is gedaan voor verschillende gebruikssituaties van de ventilatievoorzieningen.

Overige data

- Er is een gebouwanalyse gemaakt waarin o.a. naar aspecten als oriëntatie van het lokaal, de omgevende bebouwing etc. wordt gekeken.
- Een eenvoudige enquête is gehouden onder de leerkrachten.
- De docent heeft een dagboek bijgehouden tijdens de meetdagen. Hierin werden ventilatieactiviteiten en het aantal aanwezige personen bijgehouden.

In dit verslag worden de voorlopige resultaten besproken van de T, RV en CO₂-meting en de ventilatiemetingen.



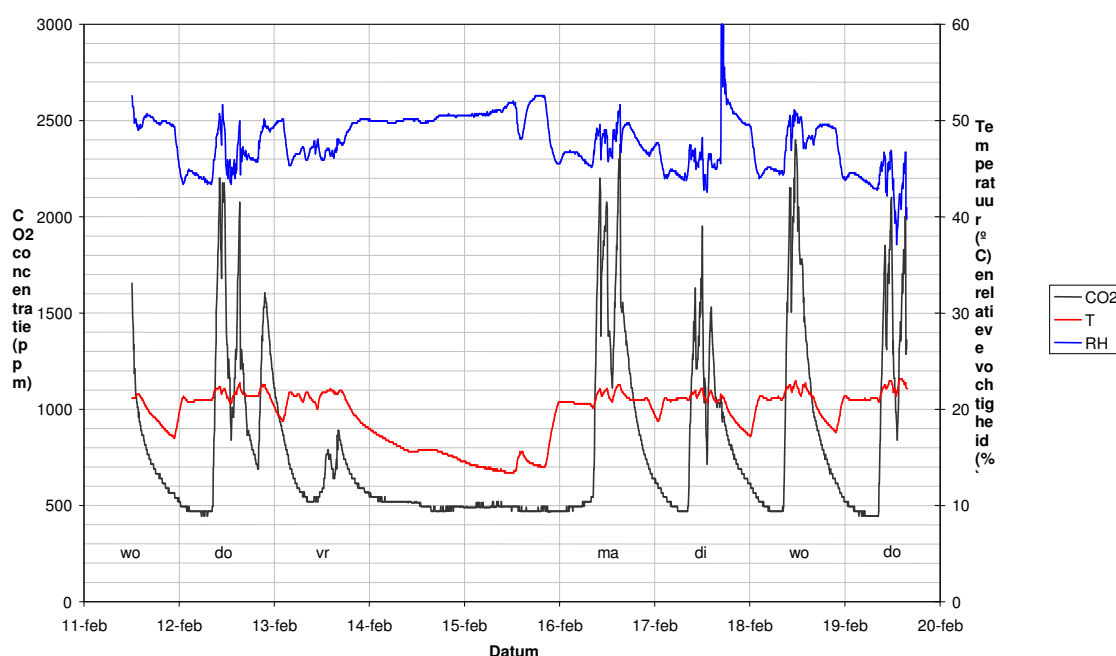
Figuur C.1: meetopstelling t.b.v. meten van CO₂, T en RV

Meetresultaten T, RV en CO₂ - metingen

Figuren C.2 en C.3 geven de resultaten weer in een grafiek van de T, RV en CO₂ metingen. Tabellen C.1 en C.2 geven de resultaten van deze metingen weer in tabelvorm.

Tabel C.1: meetresultaten van 11-19 februari '04

Tijdens lesuren	P05 ²	P50 ³	P95 ⁴
CO ₂ -concentratie (ppm)	793	1501	2140
	laagst	Gemiddelde	hoogst
Relatieve vochtigheid (%)	40,0	47,2	52,6
Temperatuur (°C)	20,2	21,8	23,2

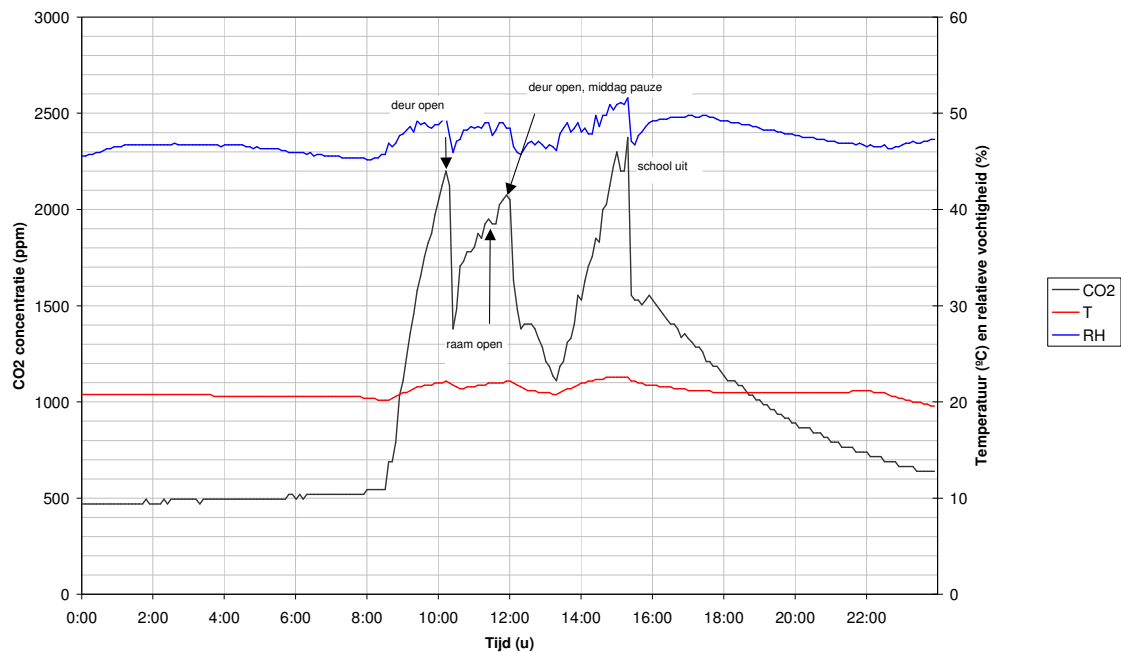


Figuur C.2: CO₂, T en RV- verloop van 11 t/m 19 februari

² De ondergrens P05 staat voor de concentratie die gedurende 95% van de gebruikstijd overschreden wordt

³ De P50 staat voor de middelste waarde van de concentraties tijdens de lesuren

⁴ De bovengrens P95 staat voor de concentratie die gedurende 5% van de lesuren overschreden wordt (overeenkomstig met 15 minuten voor een 5-urige lesdag).



Figuur C.3: Voorbeeld: CO₂, T en RV- verloop op 16 februari

Uitkomsten ventilatiemetingen

Geometrie lokaal			
	7,2	A (m ²)	52
	4	V (m ³)	207

Eis				v.v. (-)	debiet (m ³ /u)
	Bouwbesluit (3,5 l/s per m ²)			3,1	654
	NEN 1089 (5,5 l/s p.p.)			1,6	337
Gemeten	Deur	Raam	Afzuiging	(-)	m ³ /u
Meetsituaties			Aan	0,69	143
	Open			1,01	209
	Open	Open		1,07	222
	Open		Aan	1,65	342

Gebruik van de ventilatievoorzieningen

- Gedurende lessen is de meest voorkomende ventilatie het openen van de deur. Ramen worden incidenteel geopend wanneer een muffe lucht wordt geconstateerd.
- De mechanische afzuiging wordt niet gebruikt i.v.m. het storende gebrom van de ventilator.
- Gedurende avond en weekend wordt alle ramen en deuren gesloten en staat de afzuiging uit.

Analyse metingen

Koolstofdioxide

- In het lokaal zitten 16 leerlingen en 1 docent wat weinig is (normaal wordt in normen uitgegaan van 32 leerlingen en 1 docent). Ondanks dit kleine aantal leerlingen loopt het CO₂-gehalte op tot ver boven de grenswaarde van 1200 ppm.
- De middelste waarde is 1501 ppm wordt gehaald, wat de grenswaarde ruim overschrijdt.
- De bovengrens (P95) ligt op 2140 ppm. Dit betekent dat de leerlingen een groot deel van de lestijd bloot worden gesteld aan concentraties ver boven de grenswaarde van 1200 ppm.
- De ondergrens (P05) wordt in het eerste kwartier van de lesuren gemeten. Deze ligt op 793 ppm.

Temperatuur

- De gemiddelde temperatuur bedraagt ca. 22°C tijdens lesuren. Gedurende de nachten zakt de temperatuur naar ca 17°C. Tijdens het weekend wordt de ruimte in temperatuur verlaagd. Deze temperaturen zijn niet alarmerend.

Relatieve vochtigheid

- De relatieve luchtvochtigheid bedraagt gemiddeld 48% tijdens de lesuren. De waarde van 30% wordt niet onderschreden en de waarde 70% niet overschreden. Hiermee wordt voldaan aan het gewenste niveau.

Interpretatie ventilatiemetingen

- Uit de metingen en berekeningen blijkt het ventilatievoud behoorlijk te kunnen verschillen (zie onderaan vorige bladzijde). De waarden variëren van 0,69 tot 1,65 terwijl minimaal 1,6 – 2,5 vereist is (resp. NEN 1089, Bouwbesluit). De hoogste waarde wordt bereikt met het gebruik van de afzuiging en een open deur of open raam. Afzuiging aan en de deur open is nog de beste situatie, die net voldoet aan de NEN1089 richtlijn maar niet aan het Bouwbesluit (nieuwbouw-eis). In de situatie dat alles dicht is, is het ventilatievoud niet bepaald, maar geconcludeerd kan worden dat er dan nauwelijks ventilatie zal plaatsvinden en het ventilatievoud zal afnemen tot ver beneden de 0,69. Dit laatste verklaart waarom de waarden 's nachts en in het weekend zo hoog blijven. Een redelijke hoeveelheid ventilatie kan bereikt worden met open ramen in combinatie met een open deur. In een wintersituatie, zoals die gemeten is, is echter te verwachten dat er niet dusdanig geventileerd zal worden, i.v.m tochtklachten.
- De ventilatievoorzieningen zijn beperkt en matig bruikbaar. In de meest voorkomende situatie, een open deur, bedraagt de hoeveelheid verse luchttoevoer ca 200 m³/u. Dit is slechts 40% van de minimum vereiste capaciteit zoals vastgelegd voor schoolgebouwen in het Bouwbesluit (nieuwbouw-eis). Indien meer leerlingen in het lokaal aanwezig zijn, zal het binnenklimaat verslechteren, zoals het geval zal zijn in andere lokalen van de school.
- Ondanks de voorzieningen en een intensiever gebruik ervan is het niet mogelijk om te voldoen aan de (nieuwbouw-)eisen uit het Bouwbesluit. De gewenste kwaliteit van het binnenmilieu wordt niet bereikt.

Samengevat: Op basis van de meetresultaten kan geconcludeerd worden dat de hoeveelheid verse luchttoevoer (veel) te laag is. Het is zeer waarschijnlijk dat de door de leerkrachten geuite gezondheidssklachten (mede) hierdoor veroorzaakt worden.



Korenmolenlaan 4
3447 GG Woerden
Telefoon: 088 401 06 20

info@tvvl.nl | www.tvvl.nl

