



# Onderzoek naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen

Samenvattende rapportage



VROM ● 

**SZW** Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

*VWFS*

O N D E R  
O N S S I M  
L T U U R  
N E T E M  
S C H A P

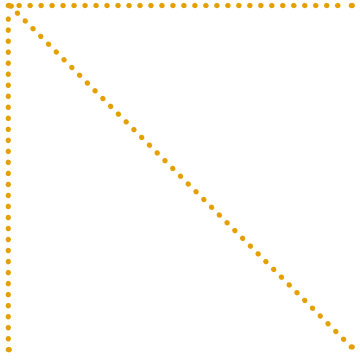
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap





# Onderzoek naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen

**Samenvattende rapportage**





# Inhoudsopgave

<b>Verklarende woordenlijst</b>	<b>3</b>
<b>Symbolenlijst</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Probleemanalyse	5
1.2 Doel van het onderzoek	6
1.3 Leeswijzer	6
1.4 Begeleidingscommissie en klankbordgroep	6
<b>2 Onderzoeksaanpak</b>	<b>8</b>
2.1 Steekproef	8
2.2 Onderzoeksmethode en onderzoekstechnieken	9
<b>3 Samenvatting bevindingen en beantwoording onderzoeksvragen</b>	<b>11</b>
3.1 Luchtkwaliteit	11
3.2 Akoestische kwaliteit en stoorgeluid	19
3.3 Temperatuur en luchtvochtigheid	23
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>26</b>
4.1 Conclusies	26
4.2 Aanbevelingen	29
<b>Literatuur</b>	<b>34</b>

# Verklarende woordenlijst

## **A-gewogen geluidrukniveau ( $L_{pA}$ )**

Het voor de oorgevoeligheid gecorrigeerde geluidrukniveau. De geluidrukniveaus per frequentieband worden gecorrigeerd naar de oorgevoeligheid en vervolgens opgeteld. Het geluidniveau geeft snel een indruk van de luidheid (fysiologische reactie van het oor op het geluid).

## **Bezettingsgraadklasse (art. 1.1 Bouwbesluit 2003)**

Klasse die de bezettingsgraad van een gebruiksoppervlakte en de bezettingsgraad van een vloeroppervlakte aan verblijfsgebied aangeeft. Klasse B2 stemt overeen met een oppervlakte aan verblijfsgebied van meer dan 1,3 m<sup>2</sup> per persoon maar ten hoogste 3,3 m<sup>2</sup> per persoon. Bij klasse B3 wordt uitgegaan van een oppervlakte aan verblijfsgebied van meer dan 3,3 m<sup>2</sup> per persoon maar ten hoogste 8,0 m<sup>2</sup> per persoon.

## **Equivalent geluidniveau ( $LA_{eq}$ )**

De energie-inhoud van een fluctuerend geluid als maatstaf voor de hinder, hetgeen wordt gemeten door het geluidniveau over een langere tijd 'energetisch' te middelen. Het equivalente geluidniveau heeft dezelfde energie-inhoud en daarmee hetzelfde gehoor-beschadigende potentieel als het variërende geluidniveau.

## **Nagalmtijd (T of $T_{60}$ )**

De tijd in seconden die na uitschakeling van een geluidbron verstrijkt bij een daling van het geluidrukniveau van 60 dB.

## **Nominale capaciteit**

Volumestroom aan toevoer van verse lucht en afvoer van binnenlucht, die in principe continu tot stand moet kunnen worden gebracht.

## **Nominale ventilatie**

ventilatie die op grond van gezondheidsoverwegingen voor de reinheid van de lucht continu tot stand moet kunnen worden gebracht.

## **P<sub>5</sub>-, P<sub>50</sub>- en P<sub>95</sub> percentielwaarde**

Een P<sub>5</sub> (het 5<sup>e</sup> percentiel) geeft de waarde waaronder 5% en waarboven 95% van de waarnemingen liggen en kan als minimum waarde gedefinieerd worden. Een P<sub>50</sub> het 50<sup>e</sup> percentiel geeft de waarde waaronder 50% en waarboven 50% van de waarnemingen liggen (ook wel mediaan genoemd). Een P<sub>95</sub> (het 95<sup>e</sup>

percentiel) geeft de waarde waaronder 95% en waarboven 5% van de waarnemingen (overeenkomstig met 15 minuten voor een 5-urige lesdag) liggen en kan als maximum waarde gedefinieerd worden.

## **Spraakverstaanbaarheid**

De mate waarin het gesproken woord verstaanbaar is, hetgeen kan worden weergegeven met de Speech Transmission Index (STI-waarde)

## **Verblijfsgebied**

Gedeelte van een gebruiksfunctie met ten minste een verblijfsruimte, bestaande uit één of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aan elkaar grenzende ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte, een technische ruimte of een verkeersruimte.

## **Verblijfsruimte**

Ruimte voor het verblijven van mensen, dan wel een ruimte waarin de voor een gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten plaatsvinden.



# Symbolenlijst

 **$L_{Aeq}$** 

het A-gewogen equivalente geluidniveau in dB(A)

 **$G_{A;k}$** 

de karakteristieke geluidwering van de gevel in dB(A) gedefinieerd volgens NEN 5077.

# 1. Inleiding

## 1.1 Probleemanalyse

In scholen kunnen gezondheidsrisico's optreden door een slechte luchtkwaliteit van het binnenmilieu. Zo kan de binnenlucht verontreinigd zijn door emissies uit en stofafgifte van constructies, inventaris, schoonmaakartikelen alsmede door geurstoffen en kooldioxide (CO<sub>2</sub>) van aanwezige personen. Door een onvoldoende afvoer van die verontreinigde lucht middels luchtverversing kunnen gezondheidsklachten optreden (bijvoorbeeld oogirritaties of hoofdpijn). Ook kunnen klaslokalen te warm of te koud zijn, of een niet-optimale luchtvochtigheid hebben. Er zijn aanwijzingen dat kinderen minder goed leren en presteren in een slecht geventileerde of een te warme klas. Een ander aspect van het binnenmilieu is geluid. Er kan overlast zijn van geluid buiten het gebouw, van geluid in aangrenzende lokalen of van mechanische ventilatiesystemen. Ook kunnen leerkrachten last hebben van een slechte ruimteakoestiek (nagalm).

Rijksregelgeving dient dergelijke gezondheidsrisico's binnen de perken te houden. Zo stelt het Bouwbesluit bouwtechnische eisen aan zowel nieuw te bouwen als bestaande scholen. Het betreft minimumeisen waaraan in ieder geval voldaan moet worden. Hierdoor wordt op basis van risico's voor gezondheid, veiligheid en duurzaamheid, in combinatie met een goed naleefgedrag en gebruik, de gezondheid van de bewoners en gebruikers zo goed mogelijk gewaarborgd. De arbeidsomstandighedenregelgeving geeft regels voor het opstellen van een Risico Inventarisatie & Evaluatie (RI&E). Gemeenten hebben taken die voortvloeien uit de Woningwet en het Bouwbesluit. Daarnaast hebben deze ook een taak op het gebied van de bewaking van de volksgezondheid van de burgers in relatie tot het leefmilieu. Deze taak is beschreven in de Wet Collectieve Preventie Volksgezondheid.

Momenteel staat de kwaliteit van het binnenmilieu van scholen in de belangstelling. Er is maatschappelijke aandacht, hetgeen ook blijkt uit berichten in de media en kamervragen. Diverse organisaties plegen inspanningen om de kwaliteit van het binnenmilieu te verbeteren, waaronder het Astmafonds. Ook overheden en hieraan gelieerde instellingen ontplooiën initiatieven met dit doel. Zo is in het afgeronde Actieprogramma 2002-2006 van de ministeries van VWS en VROM het binnenmilieu een belangrijk thema geweest en wordt de aandacht voor dit onderwerp gecontinueerd. Tevens voert de GGD diverse onderzoeken en projecten uit.

Er zijn aanwijzingen dat de kwaliteit van het binnenmilieu in klaslokalen lager is dan waarden waarop de bouwtechnische regelgeving is geënt. Oorzaken hiervoor kunnen liggen in het niet in voldoende mate aanwezig zijn van voorzieningen of in een onvoldoende gebruik van de voorzieningen.

Om enerzijds na te gaan of de naleving van de voorschriften voldoende is en anderzijds het gedrag passend is zoals dat is bedoeld bij de aangebrachte voorzieningen, hebben de ministeries van VROM (DGM en WWI), OCW, SZW en VWS een onderzoek geïnitieerd. Het onderzoek is gericht op zowel waarheidsvinding als ook richtingzoekend naar mogelijke oplossingen indien er problemen worden geconstateerd. Het onderzoek richt zich op ventilatie, geluid, temperatuur en de vochtigheidsgraad.

## 1.2 Doel van het onderzoek

Tegen de in de vorige paragraaf geschetste achtergrond, is het doel van het onderzoek inzicht te verkrijgen in:

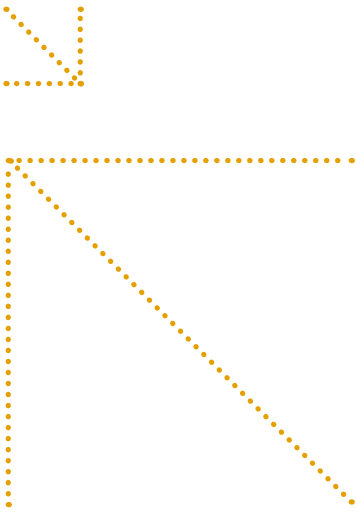
- de kwaliteit van het binnenmilieu in klaslokalen in termen van binnenlucht (ventilatie), geluid, temperatuur en vochtigheidsgraad;
- de naleving van de bouwvoorschriften op het gebied van ventilatie en geluid;
- het gedrag bij het gebruik van de voorzieningen;
- de beleving van de kwaliteit van het binnenmilieu door de scholen.

Het onderzoek kan gezien worden als een verkenning van de situatie op de scholen met betrekking tot het binnenmilieu. De doelstelling is uitgewerkt naar concrete onderzoeksvragen.

## 1.3 Leeswijzer

De onderhavige rapportage omvat voornaamste de resultaten van het verrichte onderzoek. De volledige onderzoekresultaten zijn opgenomen in de onderzoeksrapportage (LBP-rapport met kenmerk R043156aaa4.hv d.d. 19 juli 2007). In hoofdstuk 2 wordt de onderzoeksaanpak nader belicht. Hoofdstuk 3 omvat een samenvatting van de bevindingen aan de hand van de vooraf gestelde onderzoeksvragen. Op basis hiervan worden in hoofdstuk 4 conclusies afgeleid ten aanzien van de actuele stand van zaken wat betreft de kwaliteit van het binnenmilieu in basis-scholen. Afgesloten wordt met aanbevelingen gericht op de mogelijkheden waarmee de voornaamste knelpunten zijn te verhelpen.





#### 1.4 Begeleidingscommissie en klankbordgroep

Het onderzoek is vanuit de betrokken ministeries door de volgende personen begeleid:

- mw. J. van Swigchem (Ministerie van VROM, VROM-Inspectie Noord, projectleider)
- dhr. H. van Scherpenzeel (Ministerie van VROM, VROM-Inspectie Zuid-West)
- dhr. G. de Kruif (Ministerie van VROM, VROM-Inspectie Zuid-West)
- dhr. P. van Luijk (Ministerie van VROM, DGWWI)
- dhr. J.W. Damen (Ministerie van OCW)
- mw. Y. Nas (Ministerie van VWS)
- mw. M. Verschuren (Ministerie van VROM, DGM)
- mw. E. Koudijs-Siebel (Ministerie van VROM, DGM)
- dhr. E. Fontijn (Ministerie van SZW)
- dhr. A. van Duijn (Ministerie van SZW)

Verder is tijdens het onderzoek een klankbordgroep geraadpleegd waarin de volgende personen en organisaties waren vertegenwoordigd:

- dhr. F. Duijm (GGD Groningen)
- dhr. W. Neutel (Besturenraad)
- dhr. F. Rutjes (VNG)
- dhr. J. Strik (Gemeente Woerden)
- dhr. R. Trouborst (De Jong Gortemaker Algra architecten en ingenieurs bv)
- dhr. T. Ton Rolvink (AOB)
- dhr. M. Touw (Vervangingsfonds)
- dhr. P. de Vries (Algemene vereniging voor schoolleiders)

## 2. Onderzoeksaanpak

In dit hoofdstuk wordt de gevolgde onderzoeksaanpak nader toegelicht.

### 2.1 Steekproef

Het onderzoek is verricht in 60 basisscholen (120 klaslokalen) verdeeld over 30 Nederlandse gemeenten. Uitgangspunt bij de steekproef van de leslokalen in de geselecteerde gemeenten is het in voldoende mate voorkomen van de in Nederland te onderscheiden klaslokaaltypen op basis van ventilatietechnische kenmerken. Op basis van deze kenmerken van een klaslokaal zijn 4 voorkomende klaslokaaltypen gedefinieerd (zie tabel 2.1).

In lokaaltype 1 geschiedt de toe- en afvoer van ventilatielucht op basis van natuurlijke drijfkrachten (wind, temperatuurverschil) via klep- en/of uitzetramen in de gevel en mogelijk tevens via voorzieningen in het dak. Bij lokaaltype 2 is dit ook het geval, maar zijn er (tevens) ventilatie-roosters in de gevel aanwezig. Bij lokaaltype 3 geschiedt de toevoer van ventilatielucht via ventilatieroosters in de gevel. De afvoer van ventilatielucht geschiedt in dit lokaaltype met een mechanisch ventilatiesysteem. Bij lokaaltype 4 vindt zowel de toevoer als de afvoer van ventilatielucht met behulp van een mechanisch ventilatiesysteem plaats.

Tabel 2.2 toont een overzicht van de relevante kenmerken van de definitieve selectie van de onderzochte leslokalen. De definitieve selectie wijkt enigszins af van de vooraf beoogde verdeling van 30 klaslokalen per lokaaltype. Dit is enerzijds het gevolg van het beperkte aantal scholen van het lokaal-type 4. Ook bleek de door de scholen doorgegeven ventilatie-technische kenmerken niet altijd overeen te stemmen met de werkelijke kenmerken van het klaslokaal. Desondanks wordt het aantal leslokalen van elk lokaaltype voldoende geacht voor een betrouwbare beantwoording van de onderzoeksvragen. De verdeling van de lokaaltypen in de definitieve selectie stemt redelijk overeen (binnen 10%) met de eigen raming van het percentage waarin deze klas-lokaal-typen in Nederland voorkomen. De uiteindelijke steekproef is hiermee naar verwachting toereikend om een representatieve indruk van de landelijke situatie te verkrijgen.

Per school zijn twee identieke leslokalen onderzocht met een verschillende oriëntatie van de glasgevel om zo zowel zonbelaste als minder zonbelaste leslokalen in het onderzoek te betrekken. In het onderzoek zijn geen noodlokalen beschouwd.

### 2.2 Onderzoeksmethode en onderzoekstechnieken

In het navolgende worden nader ingegaan op de onderzoeksmethodiek.

#### Inventarisatie relevante gegevens en toetsing aan regelgeving (o.a. Bouwbesluit)

In het onderzoek is een algemene bouwkundige en installatietechnische inventarisatie verricht met als doel alle relevante gegevens en kenmerken van de betreffende school en lokalen in kaart te brengen. Waar van toepassing zijn de op te nemen en middels meting vastgestelde gegevens conform de van toepassing zijnde NEN-normen vastgesteld.

#### Enquête leerkrachten

In het onderzoek is bij de leerkracht een enquête afgenomen waarin zowel de relevante kwalitatieve gebruiksgegevens (wat / hoe / wanneer) als kwantitatieve gegevens omtrent de beleving van de kwaliteit ten aanzien van binnenmilieu en geluid zijn vastgelegd.

#### Logboek leerkrachten

Om een goede interpretatie van de meetgegevens van de temperatuur, relatieve vochtigheid en CO<sub>2</sub>-concentratie mogelijk te maken, is door LBP een logboekformulier ontwikkeld waarop door de leerkracht dagelijks relevante (gebruiks)-gegevens zijn geregistreerd, zoals het aantal personen, de lestijden, het gebruik van de ventilatie-voorzieningen, zonwering, verwarming, etc. alsmede de klimaatbeleving die hieraan gekoppeld is.

#### CO<sub>2</sub>-concentratie, temperatuur en relatieve vochtigheid

In het onderzoek is in de leslokalen de optredende concentratie kooldioxide (CO<sub>2</sub>), de temperatuur en de relatieve vochtigheid gedurende langere tijd geregistreerd.

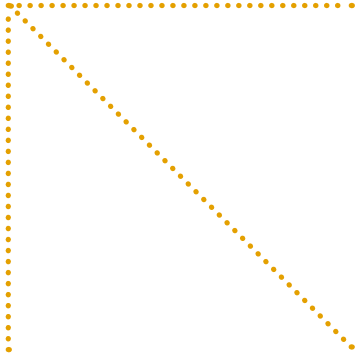
De CO<sub>2</sub>-concentratie in de klaslokalen wordt gezien als de beste parameter voor de bepaling van de optredende ventilatie (en daarmee zowel direct als indirect voor de luchtkwaliteit). Doel van de CO<sub>2</sub>-metingen is inzicht te verkrijgen in de optredende (effectieve) ventilatie, zo mogelijk afhankelijk van diverse relevante parameters (bijvoorbeeld het soort ventilatie-voorzieningen en het gebruik hiervan). Naast al deze gebouwgerelateerde parameters zal de ventilatie mogelijk ook afhankelijk zijn van de buitenklimaatomstandigheden die in de tijd sterk kunnen variëren en specifieke gebruikscondities die mogelijk ook in de tijd kunnen variëren.

**Tabel 2.1 Indeling klaslokaaltypen**

Type	Toevoer	Afvoer	voorkomen in NL (raming LBP)	Voorgenomen aantal leslokalen in steekproef
1	Natuurlijk via klepramen / uitzetramen		40%	30
2	Natuurlijk via ventilatieroosters	natuurlijk	20%	30
3	Natuurlijk via ventilatieroosters	mechanisch	35%	30
4	Mechanisch	mechanisch	5%	30

**Tabel 2.2 Overzicht steekproef lokaaltypen**

Verdeling lokaaltypen	lokaaltype							
	1		2		3		4	
Aantal leslokalen in steekproef	45		25		32		18	
% leslokalen in steekproef	37		21		27		15	
% leslokalen in steekproef	58				42			
% voorkomen in NL (raming LBP)	40		20		35		5	
Variatie bouwjaar (min – max)	1938	1997	1951	2004	1953	2004	1982	2006
Bouwjaar (mediaan)	1977		1968		1999		2002	



Om voldoende representatieve meetgegevens te verkrijgen is ervoor gekozen om de metingen in alle leslokalen gelijktijdig en gedurende langere tijd plaats te laten vinden, om zo de invloed van variaties in het buitenklimaat en andere toevallige gebeurtenissen waarbij het ventilatiegedrag gedurende korte periode niet representatief is, zo veel mogelijk te beperken.

Bij de gevolgde aanpak is uitgegaan van het volgende:

- een periode van drie weken waarin in alle klaslokalen gelijktijdig wordt gemeten;
- een periode van vijf weken waarin door de leerkracht een logboek wordt bijgehouden;
- een periode van ten minste vijf weken waarin de binnenklimaatmetingen (temperatuur, vochtigheid en CO<sub>2</sub>) worden verricht.

Met de gevolgde aanpak hebben de logboekgegevens voor alle leslokalen betrekking op dezelfde tijdsperiode (en weersomstandigheden). De logboek-periode heeft binnen het stookseizoen (einde omstreeks 15 maart) plaatsgevonden.

#### **Akoestisch onderzoek**

Met behulp van metingen en berekeningen zijn van de onderzochte leslokalen de volgende relevante akoestische kenmerken bepaald:

- het achtergrondgeluidniveau (LAeq);
- de nagalmtijd (T60);
- de spraakverstaanbaarheid (STI = Speech Transmission Index);
- de karakteristieke geluidwering van de gevel (GA;k).

Bij de meting van het achtergrondgeluidniveau is het effect van het gebruik van de ventilatievoorzieningen op het geluidniveau in het leslokaal nagegaan. De geluidwering van de gevel van de klaslokalen (met gesloten en open ventilatievoorzieningen) is met behulp van een berekening conform NPR 5272 [22] bepaald.

Verder is bij de leerkracht een gehoortest afgenomen, om een relatie te kunnen leggen tussen de gehoorcapaciteit en de beleving van het geluid. Verder zijn in het lokaal alle relevante akoestische kenmerken geïnventariseerd.

#### **Dataverwerking**

Alle data (registraties, waarnemingen, enquête, logboek, metingen, foto-opnamen etc) zijn digitaal gearchiveerd. Meetdata en geïnventariseerde gegevens zijn in Microsoft Excel werkbladen verwerkt.

## 3. Samenvatting bevindingen en beantwoording onderzoeksvragen

**In dit hoofdstuk is een overzicht gegeven van de voornaamste bevindingen die op basis van het verrichte onderzoek zijn vastgesteld. In het navolgende worden deze bevindingen aan de hand van de vooraf gestelde onderzoeksvragen per onderdeel besproken.**

### 3.1 Luchtkwaliteit

De door meting en onderzoek te beantwoorden onderzoeksvragen zijn:

- Voldoen de klaslokalen aan wettelijke eisen voor luchtverversing?
- Welke CO<sub>2</sub>-concentraties komen in klaslokalen voor en waar zijn de optredende CO<sub>2</sub>-concentraties het gevolg van? Op basis van de resultaten is de hypothese getoetst die stelt dat in de meeste lokalen de blootstelling aan CO<sub>2</sub> te hoog is (meer dan 1200 ppm) als gevolg van geringe aantal m<sup>3</sup> per persoon (hoge bezettingsgraad) in combinatie met een geringe ventilatie in het stookseizoen. Er is nagegaan in hoeverre een te geringe ventilatie een gevolg is van het niet naleven van de regelgeving dan wel van het niet gebruiken van de voorzieningen (gedrag van leerkrachten).
- Worden de aangebrachte voorzieningen ook gebruikt zoals ze zijn bedoeld om ten minste aan de eisen te kunnen voldoen? Zo neen, wat is hiervan de oorzaak (bijvoorbeeld techniek of het gedrag)?
- Komt de beleving van de kwaliteit van het binnenmilieu overeen met de meetresultaten?
- Wat is de inschatting van de maatregelen en de kosten die nodig zijn om een ventilatie te bereiken die overeenkomt met een CO<sub>2</sub>-concentratie van ten hoogste 1200 ppm?

Voor het formuleren van een betrouwbare uitspraak op deze onderzoeksvragen is bij de steekproef rekening gehouden met de in Nederland voorkomende schoolkenmerken die relevant zijn voor het binnenmilieu. De voor het binnenmilieu relevante kenmerken betreffen de kenmerken van het klaslokaal (en dan met name de ventilatievoorzieningen) en kenmerken van het gebruik (bezetting en gebruik voorzieningen). Uitgangspunt bij de steekproef van de leslokalen is het in voldoende mate voorkomen van de in Nederland te onderscheiden klaslokaaltypen op basis van ventilatietechnische kenmerken. Op basis van deze kenmerken van een klaslokaal zijn 4 voorkomende klaslokaaltypen gedefinieerd. De verdeling van de lokaaltypen in de steekproef stemt redelijk overeen (binnen 10%) met de eigen raming van het per-

centage waarin deze klaslokaal-typen in Nederland voorkomen. De uiteindelijke steekproef is hiermee naar verwachting toereikend om een representatieve indruk van de landelijke situatie te verkrijgen en de hierbij te stellen prioriteiten voor het beleid.

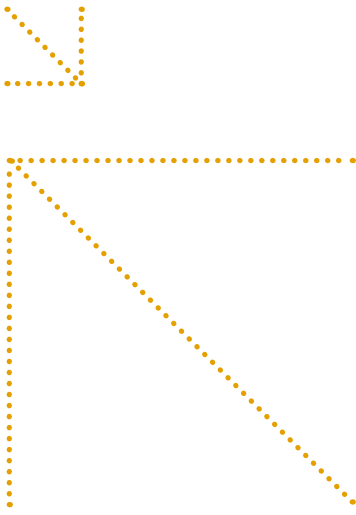
#### Onderzoeksvraag 1.

#### Voldoen de klaslokalen aan wettelijke eisen voor luchtverversing?

De luchtverversing in bestaande leslokalen dient ten minste te voldoen aan de eisen van de bestaande bouw van Bouwbesluit 2003. Voorts wordt van de eigenaar verlangd dat het van toepassing zijnde niveau dat bij de verlening van de bouwvergunning voor het leslokaal (tijdens de bouw of renovatie) van toepassing is, in stand te houden. Handhaving van gemeenten betreft in eerste instantie een (preventieve) toets bij aanvraag om bouwvergunning en in tweede instantie of het niveau van bestaande bouw is onderschreden. Het niveau dat verbonden is aan de verleende bouwvergunning heeft een functie als onderbouwing van de noodzaak voor het opleggen van een verplichting ingevolge artikel 13 Woningwet tot het treffen van een voorziening op een hoger niveau.

De eisen ten aanzien van de luchtverversing van de bestaande bouw hebben betrekking op de capaciteit van de luchtverversing. Er zijn geen eisen gesteld aan de inrichting van de ventilatievoorzieningen (zoals ten aanzien van het thermisch comfort en de fijnregelbaarheid). De eis aan de capaciteit van de luchtverversing van een leslokaal zoals deze is gesteld voor de bestaande bouw in het Bouwbesluit betreft een bouwtechnische ondergrens en is niet gerelateerd aan een specifieke CO<sub>2</sub>-concentratie in de ruimte. Voor alle onderzochte leslokalen geldt dat aan het niveau van de bestaande bouw wordt voldaan. Dit is immers reeds het geval, indien in de gevel een te openen raam aanwezig is.

Voor het merendeel van de onderzochte leslokalen (62%) zijn geen hogere eisen van toepassing dan het niveau van de bestaande bouw in Bouwbesluit 2003. Het betreft hier leslokalen waarvan de aanvraag van de bouwvergunning vóór oktober 1986 heeft plaatsgevonden. Binnen deze groep is met name sprake van leslokalen met een natuurlijke toe- en afvoer van ventilatielucht middels voorzieningen in één of meerdere gevels en/of het dakvlak (lokaaltype 1 en 2).



Het grootste deel van de resterende leslokalen (31% van de onderzochte leslokalen) dient te voldoen aan het nieuwbouwniveau van het Bouwbesluit 2003. Het betreft hier leslokalen met een bouwvergunning van ná 1992, waarbij met name sprake is van leslokalen met een deels of geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 3 en 4). De capaciteitseisen van 'Bouwbesluit 2003 - nieuwbouw' zijn zodanig gesteld dat hiermee een concentratie van maximaal 1200 ppm kan worden gerealiseerd bij langdurig verblijf in de betreffende ruimte. Uit het onderzoek is gebleken dat 65% van de leslokalen waar de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit 2003 van toepassing zijn, niet voldoet aan de eisen die zijn gesteld aan de nominale capaciteit van de ventilatievoorzieningen. Voor leslokalen met een mechanische afvoer van ventilatielucht (lokaaltype 3) voldoet zelfs 80% niet aan de nieuwbouweisen. Dit blijkt met name het gevolg te zijn van een te lage capaciteit van de mechanische ventilatie. Ook ontbreekt het in enkele gevallen aan toevoervoorzieningen die op een hoogte van ten minste 1,80 m boven vloerniveau zijn gesitueerd.

Voor leslokalen die moeten voldoen aan de eisen van 'Bouwbesluit 2003 - nieuwbouw' of 'Bouwverordening - NEN 1089' geldt tevens dat de ventilatievoorzieningen in de gevel in meerdere standen instelbaar c.q. fijnregelbaar moeten zijn. Voor ca. 26% van de onderzochte leslokalen waarbij de toevoer plaatsvindt via voorzieningen in de gevel, blijken de voornoemde eisen van toepassing. Voor 52% van deze leslokalen waren de benodigde ventilatievoorzieningen niet of slechts ten dele fijnregelbaar als gevolg van het ontbreken van een fijnregeling op de te openen ramen. Hierdoor zijn de ramen niet op verschillende standen instelbaar, waardoor deze in het stookseizoen vaak gesloten zullen zijn omdat in geheel geopende toestand vaak tocht- en koudeklachten zullen ontstaan.

Samenvattend blijkt dat ca. 74% van de onderzochte leslokalen aan de wettelijke eisen voldoet, maar dat voor ca. 62% van de onderzochte leslokalen geen hogere eisen van toepassing zijn dan het niveau van de bestaande bouw in Bouwbesluit 2003. Voor de ca. 26% van de onderzochte leslokalen waar niet aan de wettelijke eisen wordt voldaan, geldt het wettelijke niveau van 'Bouwbesluit 2003 - nieuwbouw' of 'Bouwverordening - NEN 1089'. Verder is gebleken dat voor ca. 69% van de leslokalen waar deze eisen van toepassing zijn, er niet aan de wettelijke eisen wordt voldaan.

### Onderzoeksvraag 2.

#### Welke CO<sub>2</sub>-concentraties komen in klaslokalen voor en waar zijn de optredende CO<sub>2</sub>-concentraties het gevolg van?

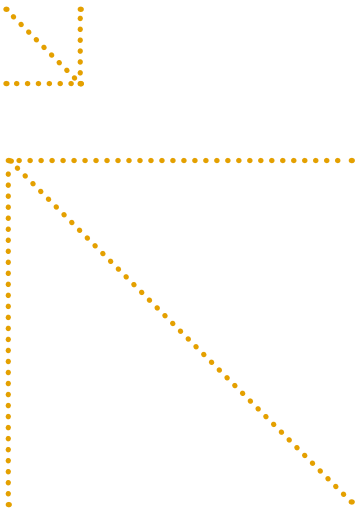
Bij het vaststellen van de eisen voor nieuw te bouwen onderwijsruimten volgens Bouwbesluit 2003 is uitgegaan van een maximum CO<sub>2</sub>-concentratie van 1200 ppm. In het navolgende wordt de grens van 1200 ppm daarom gehanteerd als een bovengrens. De eisen voor bestaande bouw zijn niet gerelateerd aan de kwaliteit van het binnenmilieu in termen van CO<sub>2</sub>-concentraties.

Bij het vaststellen van de capaciteitseisen voor nieuw te bouwen onderwijsruimten op basis van een maximum CO<sub>2</sub>-concentratie van 1200 ppm, is uitgegaan van een rekenwaarde voor de bezetting in een ruimte. Deze rekenwaarde stemt echter niet overeen met de maximale bezetting die binnen een bepaalde bezettingsgraadklasse is toegestaan. Hierdoor kunnen er theoretisch CO<sub>2</sub>-concentraties tot 1800 ppm optreden bij een ventilatie die voldoet aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit.

Op basis van de meetresultaten kan het volgende worden geconcludeerd:

- In ca. 88% van de onderzochte leslokalen blijkt de maximale (P<sub>95</sub>) waarde van de CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens lestijd meer dan 1200 ppm te bedragen, en wel gedurende gemiddeld ca. 41% van de lestijd.
- Gemiddeld over alle onderzochte leslokalen blijkt dat gedurende ca. 39% van de lestijd een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie dan 1200 ppm is opgetreden. Voor de onderzochte leslokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) is dit echter maar voor ca. 9% van de lestijd het geval, terwijl dit bij de andere onderzochte lokaaltypen varieert van ca. 43% tot ca. 49% van de lestijd.
- De maximale CO<sub>2</sub>-concentratie (P<sub>95</sub>-waarde) bedraagt gemiddeld voor alle onderzochte leslokalen 1811 ppm en per lokaaltype respectievelijk 1906 ppm (lokaaltype 1), 1983 ppm (lokaaltype 2), 1889 ppm (lokaaltype 3) en 1164 ppm (lokaaltype 4). Hieruit blijkt dat in de onderzochte leslokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) aanmerkelijk lagere CO<sub>2</sub>-concentraties optreden.

Voor alle leslokalen zijn de optredende CO<sub>2</sub>-concentraties nader geanalyseerd. De resultaten van deze analyse kunnen als volgt worden samengevat:



- Voor ca. 12% van de onderzochte leslokalen is de maximale CO<sub>2</sub>-concentratie (P<sub>95</sub>-waarde) tijdens lestijd kleiner dan of gelijk is aan 1200 ppm. Het merendeel hiervan (ca. 73%) zijn leslokalen met een mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht (lokaaltype 4).
- Voor ca. 88% van de onderzochte leslokalen bedroeg de maximale CO<sub>2</sub>-concentratie (P<sub>95</sub>-waarde) tijdens lestijd meer dan 1200 ppm. De reden hiervan bleek voor ca. 99% van deze lokalen een te geringe ventilatie. In minder dan ca. 1% van deze leslokalen was een hogere waarde dan 1200 ppm toe te schrijven aan een hogere bezetting dan de reken-waarde waar bij het vaststellen van de ventilatie-eisen vanuit is gegaan.
- Voor ca. 34% van de onderzochte leslokalen bleek de te geringe ventilatie het gevolg te zijn van een onvoldoende gebruik van de ventilatievoorzieningen. De aanwezige ventilatievoorzieningen bleken voor deze situatie wél aan de capaciteits-eisen van het 'Bouwbesluit 2003 – nieuwbouw' te voldoen en ook was er geen sprake van een hoge bezetting. Het betreft hier met name leslokalen met een natuurlijke toe- en afvoer (lokaaltype 1 en 2). In het merendeel van deze leslokalen bleken de aanwezige te openen ramen niet te zijn voorzien van een fijnregeling.
- Voor ca. 56% van de onderzochte leslokalen komt de capaciteit van de ventilatievoorzieningen niet overeen met het prestatie-niveau waarmee een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm kan worden bereikt. Veelal was hierbij tevens sprake van een onvoldoende gebruik van de ventilatievoorzieningen. In ca. 8% van de onderzochte leslokalen deed zich hierbij tevens een hogere bezetting voor. In nagenoeg alle onderzochte leslokalen met een mechanische afvoer (lokaaltype 3) blijkt sprake van onvoldoende capaciteit van de mechanische afvoer waarbij in ca. 50% van de situaties tevens sprake is van onvoldoende toevoorzieningen in de gevel op een hoogte van ten minste 1,80 m.

### Onderzoeksvraag 3.

**Worden de aangebrachte voorzieningen ook gebruikt zoals ze zijn bedoeld om ten minste aan de eisen te kunnen voldoen? Zo neen, wat is hiervan de oorzaak (bijvoorbeeld techniek of het gedrag)?**

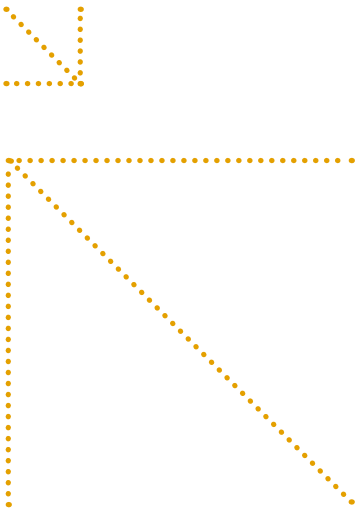
Bij leslokalen waar de ventilatie geschiedt door gebruik van de voorzieningen in de gevel is gebleken dat deze voorzieningen gedurende het stookseizoen vaak niet zodanig worden gebruikt zoals is bedoeld om ten minste aan de eisen te voldoen. Dit is

met name bij de onderzochte leslokalen met een natuurlijke toe- en afvoer via klep- en uitzetramen (lokaaltype 1) het geval. In deze leslokalen heeft 82% van de leerkrachten aangegeven de ventilatievoorzieningen vaak of soms te sluiten, met name als gevolg van koud weer en harde wind (78%) en in mindere mate als gevolg van buitengeluid (22%). Bij de lokaaltypen waar de toevoer van ventilatielucht deels of geheel via ventilatieroosters plaatsvindt (lokaaltype 2 en 3) is dit percentage lager te weten 56% (type 2) en 63% (type 3). Ook hier is het sluiten van de voorzieningen met name het gevolg van de weerscondities buiten (56%) en in mindere mate het gevolg van buitengeluid (25 tot 28%).

Uit de enquête van de leerkrachten is verder gebleken dat:

- in lokalen met een natuurlijke toevoer van ventilatielucht 22% tot 38% van de leerkrachten aangeeft de klep- en uitzetramen in de winterperiode meestal gesloten te houden, terwijl 28% tot 49% van de leerkrachten van deze lokalen de klep- en uitzetramen in de winterperiode meestal op een kierstand heeft geopend.
- in lokalen waar de toevoer van ventilatielucht (deels of geheel) via ventilatieroosters in de gevel plaatsvindt, ca. 52% van de leerkrachten aangeeft de ventilatieroosters in het stookseizoen meestal geheel geopend te hebben.
- het percentage leerkrachten dat de ventilatievoorzieningen qua aantal en grootte toereikend vindt om een prettig klimaat in de klas te hebben, bij lokalen met een natuurlijke toevoer van ventilatielucht 69% tot 76% bedraagt. Opmerkelijk is dat dit percentage bij lokalen met een geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 4) aanzienlijk lager is, te weten 53%. Mogelijke reden hiervan is dat de leerkrachten bij lokalen met een natuurlijke toevoer van ventilatielucht de hoeveelheid ventilatie zelf meer kunnen beïnvloeden dan leerkrachten in lokalen met een geheel mechanische ventilatie. Ook is gebleken dat in 28% van de onderzochte leslokalen met een geheel mechanische ventilatie gedurende het stookseizoen aanvullend wordt geventileerd door het openen van ramen in de gevel.

De oorzaak van een onvoldoende gebruik van de ventilatievoorzieningen is bij leslokalen waar de ventilatie geschiedt door gebruik van de voorzieningen in de gevel, zowel toe te schrijven aan techniek als aan gedrag. Cruciale voorwaarde voor een daadwerkelijk gebruik van de aanwezige ventilatievoorzieningen is de realisatie van een tochtvrije toevoer van ventilatielucht. In de



praktijk blijkt dit in het merendeel van de leslokalen niet mogelijk als gevolg van onder meer het ontbreken van een fijnregeling op de te openen ramen en/of een te lage positionering van de ventilatievoorzieningen in de gevel. Hierdoor zullen de ventilatievoorzieningen in het stookseizoen vaak gesloten zijn, omdat in geopende toestand tocht- en koudeklachten zullen ontstaan. Ook is gebleken dat een onvoldoende wering van buitengeluid aanleiding kan zijn voor het sluiten van de ventilatievoorzieningen. De voornoemde knelpunten kunnen met technische aanpassingen in belangrijke mate worden verminderd.

Bij leslokalen met een deels of geheel mechanische ventilatie is deze gebruikersinvloed aanzienlijk minder. Zo wordt de ventilatie bij leslokalen met een mechanische afvoer (lokaaltype 3) met name door de capaciteit van het ventilatiesysteem bepaald en in mindere mate door het gebruik van de ventilatievoorzieningen in de gevel. Bij leslokalen met een geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 4) wordt de optredende ventilatie in het algemeen geheel door de capaciteit van de mechanische ventilatie bepaald. Wel kan bij lokaaltypen het ventilatiesysteem door de gebruiker in een lagere capaciteitsstand zijn geschakeld dan is bedoeld om ten minste aan de eisen te voldoen. De regeling van de capaciteit bij leslokalen met een deels of geheel mechanische ventilatie geschiedt in het algemeen middels een centrale schakeling in de school. In het onderzoek is bij verschillende scholen gebleken dat de mechanische afvoer in een lage capaciteitsstand stond ingeschakeld en de leerkrachten en directie niet op de hoogte waren dat het systeem normaal in een hogere stand moet zijn ingeschakeld.

#### Onderzoeksvraag 4.

##### Komt de beleving van de kwaliteit van het binnenmilieu overeen met de meetresultaten?

Uit de enquête van de leerkrachten is gebleken dat de luchtkwaliteit in 68% van de leslokalen in het algemeen als toereikend (rapportcijfer 6 of hoger) wordt ervaren. In 32% van de leslokalen wordt de luchtkwaliteit als onvoldoende beoordeeld (rapportcijfer 5 of lager). Het over alle leslokalen gemiddelde rapportcijfer bedroeg 6,0. Opmerkelijk is dat de kwaliteit van de binnenlucht in leslokalen met een geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 4) lager wordt beoordeeld dan van de overige lokaaltypen, terwijl uit de verrichte CO<sub>2</sub>-metingen is gebleken dat juist in deze lokalen de optredende CO<sub>2</sub>-concentraties aanmerkelijk lager waren dan in de andere lokaaltypen. Enigszins tegenstrijdig hiermee wordt

de lucht in leslokalen met een geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 4) door 50% van de leerkrachten soms of vaak als bedompt en benauwd ervaren terwijl dit percentage bij de andere lokaaltypen hoger ligt, te weten 64% (type 1) tot 80% (type 2).

Tijdens de meetperiode van de optredende CO<sub>2</sub>-concentraties werd de luchtkwaliteit gemiddeld voor alle leslokalen gedurende 26% van de lestijd als ontoereikend (onvoldoende of matig) ervaren. De tijdens de meetperiode ervaren luchtkwaliteit in de onderzochte leslokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) blijkt niet beter te zijn dan die van de andere lokaaltypen, terwijl in dit lokaaltype wél lagere CO<sub>2</sub>-concentraties zijn gemeten.

Verder is nagegaan in hoeverre er een relatie bestaat tussen de beoordeling van de luchtkwaliteit tijdens een dagdeel (ochtend of middag) en de gemiddelde meetwaarde van de CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens dit dagdeel. Hieruit is gebleken dat er slechts een geringe relatie valt af te leiden tussen de door de leerkracht beoordeelde luchtkwaliteit en de optredende CO<sub>2</sub>-concentratie. Ook uit andere onderzoeken is bekend dat gebruikers van een ruimte nagenoeg geen verschil tussen een CO<sub>2</sub>-concentratie van 800 ppm of 1500 ppm bemerken [27]. Op basis van het voorgaande kan worden geconcludeerd dat het voor een leerkracht niet eenvoudig is om op basis van eigen perceptie de daadwerkelijke luchtkwaliteit te bepalen, maar dat hiervoor hulpmiddelen benodigd zijn.

#### Onderzoeksvraag 5.

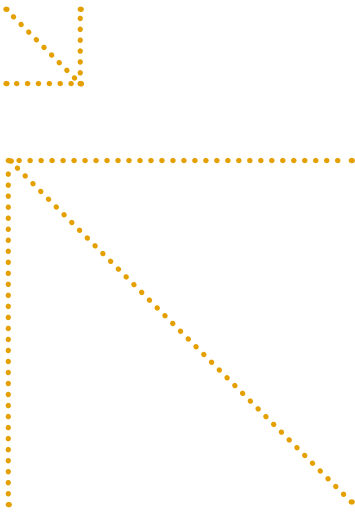
##### Wat is de inschatting van de maatregelen en de kosten die nodig zijn om een ventilatie te bereiken die overeenkomt met een CO<sub>2</sub>-concentratie van ten hoogste 1200 ppm?

De omvang van de maatregelen (en de hiermee samenhangende kosten) om een ventilatie te bereiken die overeenkomt met een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm is afhankelijk van het lokaaltype.

Om in leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie (lokaaltype 1 en 2) een ventilatie te bereiken die overeenkomt met een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm, dient er aan de volgende voorwaarden te worden voldaan:

- de ventilatievoorzieningen dienen qua inrichting en capaciteit te voldoen aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit.





- de ventilatievoorzieningen dienen door de leerkracht zodanig te worden gebruikt dat er gemiddeld acceptabele luchtcondities worden verkregen.

De hiervoor noodzakelijke maatregelen zijn nader geconcretiseerd en omvatten onder meer een aanpassing van de ventilatievoorzieningen in de gevel, een gebruiksinstructie en een CO<sub>2</sub>-meter met uitleesvenster. De totale indicatieve kosten (materiaal en arbeid) voor een gemiddeld leslokaal met een geheel natuurlijke ventilatie (lokaaltype 1 en 2) bedragen € 750 tot € 1.750,-. Cruciale voorwaarde voor een daadwerkelijk gebruik van de aanwezige ventilatievoorzieningen is de realisatie van een tochtvrije toevoer van ventilatielucht. De mogelijkheden en oplossingen hiervoor zijn situatie-afhankelijk en kunnen mogelijk tot hogere kosten leiden dan eerder is aangegeven.

De luchtkwaliteit in leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie is niet per definitie onvoldoende. Wel dient te worden onderkend dat in leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie – ondanks de hiervoor aangegeven maatregelen – geen waarborg bestaat op een altijd toereikende luchtkwaliteit omdat de ventilatie van dit type leslokalen zeer afhankelijk blijft van een bewust gebruik van ventilatievoorzieningen. Toepassing van goed gedimensioneerde en tochtvrije toevoervoorzieningen kan het risico van deze gebruikersinvloed beperken.

Een goed beheersbare ventilatie vereist echter meer, namelijk ten minste een mechanische afvoer van ventilatielucht. Bij renovatie van leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie zou om deze reden de toepassing van een mechanische afvoer moeten worden overwogen. De aanvullende kosten hiervan worden geraamd op ca. € 2.000,- per leslokaal.

Bij leslokalen met een natuurlijke toevoer en een mechanische afvoer (lokaaltype 3) stemmen de maatregelen globaal overeen met die van lokaaltype 1 en 2 waarbij echter tevens uit moet worden gegaan van een zodanig herstel van de mechanische afvoer dat aan de capaciteits-eisen van het Bouwbesluit 2003 (nieuwbouw) wordt voldaan en het geluidniveau ten gevolge van het ventilatiesysteem bij de vereiste nominale capaciteit is beperkt tot maximaal 35 dB(A). De totale indicatieve kosten (materiaal en arbeid) voor een gemiddeld leslokaal van het type 3 bedragen € 700 tot € 2.700,-

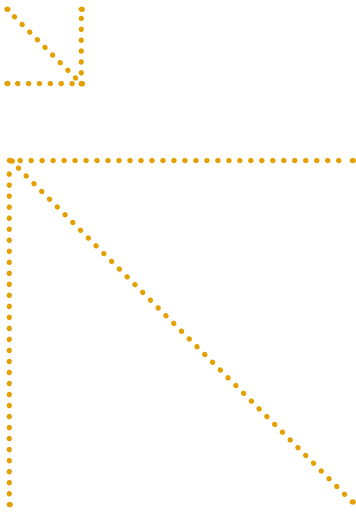
Verder vormt een periodieke kwaliteitsbewaking van de systeemprestaties van de mechanische ventilatie (bijvoorbeeld door middel van een onderhoudscontract) een cruciale voorwaarde om ook op langere duur in lokaaltype 3 een toereikende ventilatie te kunnen waarborgen. De kosten voor dit periodieke onderhoud zijn niet in de eerder aangegeven kosten opgenomen. De noodzaak van een periodiek onderhoud geldt vanzelfsprekend tevens voor de nieuw te bouwen scholen met een mechanische afvoer. Hierbij is het verder van belang dat er meer aandacht wordt besteed aan een (onafhankelijke) controle van de systeemprestaties ten tijde van de oplevering en het bewerkstelligen van een tochtvrije toevoer van ventilatielucht. Voor dit laatste zouden vanuit de overheid voorbeelden en richtlijnen kunnen worden uitgewerkt. De (nieuwe versie van) NPR 1090 zou hier mogelijk een rol in kunnen vervullen. Tot slot dienen de gebruikers over een duidelijke instructie te beschikken over op welke wijze het systeem moet worden gebruikt.

De maatregelen voor leslokalen met een geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 4) stemmen globaal overeen met die van lokaaltype 3, zij het dat hier geen maatregelen in de gevel behoeven te worden getroffen. Een controle van de optredende CO<sub>2</sub>-concentraties door de leerkracht is niet noodzakelijk indien het systeem periodiek wordt gecontroleerd en er tevens een voor de leerkracht zichtbare signalering in werking treedt wanneer het systeem niet correct functioneert.

De totale indicatieve kosten (materiaal en arbeid) voor een gemiddeld leslokaal van het type 4 bedragen € 300,- tot € 600,-.

Leslokalen met een geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 4) zullen naar verwachting steeds meer gaan voorkomen omdat bij nieuwbouw steeds vaker (mede als gevolg van de energieprestatie-eisen) wordt gekozen voor een mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht. De eerder genoemde controle bij oplevering alsmede de periodieke kwaliteitsbewaking van de systeemprestaties zijn bij lokaaltype 4 van nog groter belang aangezien de luchtverversing van deze lokalen geheel door de prestaties van het ventilatiesysteem worden bepaald.

Bij een ventilatiesysteem met een mechanische toe- en afvoer dient hierbij tevens aandacht te worden besteed aan het frequent reinigen c.q. vervangen van de luchtfilters in het toevoer-kanaal.



### 3.2 Akoestische kwaliteit en stoorgeluid

Het in de lokalen optredende geluidniveau (exclusief het geluid van de leerlingen) kan effect hebben op de verstaanbaarheid. Slechte verstaanbaarheid kan wellicht leiden tot een toename van stress bij de leerkrachten (met eventueel uitval als gevolg) en mogelijk tot geringere leerprestaties van leerlingen.

In het onderzoek is de kwaliteit van de binnenlucht een belangrijk aspect van het binnenmilieu. Ventilatie is daarbij een sleutelbegrip. Het gebruik van ventilatiemogelijkheden kan effect hebben op het stoorgeluid:

- het gesloten houden van de ventilatievoorzieningen om stoorgeluid uit de omgeving te verminderen;
- het niet gebruiken van mechanische ventilatiesystemen vanwege het stoorgeluid dat hierbij optreedt.

In het onderzoek is nagegaan in hoeverre het gebruik van ventilatiemogelijkheden resulteert in een toename van stoorgeluid, en in hoeverre dit effect heeft op het gebruik van de ventilatiemogelijkheden.

In het onderzoek is zowel de geluidsbelasting van leerkrachten en leerlingen als de relatie tussen stoorgeluid en ventilatie onderzocht. De te beantwoorden onderzoeksvragen zijn:

- Aan welke geluidsbelasting staan leerkrachten en leerlingen bloot in klaslokalen (exclusief het geluid van de kinderen in het lokaal)? Welk effect heeft het gebruik van ventilatiemogelijkheden op het stoorgeluid? (zowel in dB(A) als in gedragseffecten van de leerkrachten, namelijk het al dan niet gebruiken van de mogelijkheden vanwege een toename van stoorgeluid)
- Wordt er voldaan aan de eisen voor de geluidwering van de gevel?
- Hoe is de nagalmtijd in de lokalen en in hoeverre hebben leerkrachten last van stoorgeluid en nagalm (in beleving en in relatie tot de kwaliteit van hun gehoor)?

#### Onderzoeksvraag 6.

#### Aan welke geluidsbelasting staan leerkrachten en leerlingen bloot in klaslokalen? Welk effect heeft het gebruik van ventilatiemogelijkheden op het stoorgeluid?

Het achtergrondgeluidniveau ( $L_{Aeq}$ ) in de onderzochte leslokalen blijkt te variëren van 23 tot 49 dB(A) en bedraagt gemiddeld 35 dB(A). Deze geluidniveaus gelden voor de situatie dat de ventilatievoorzieningen in de gevel zijn geopend (lokaaltype 1 t/m 3) en

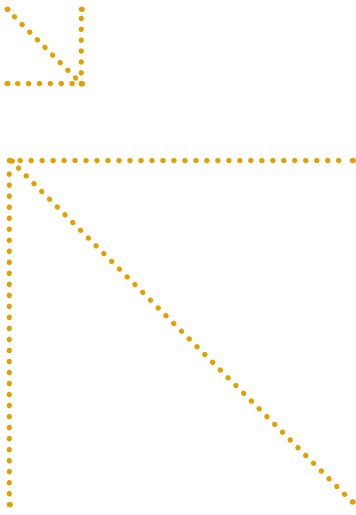
het ventilatiesysteem is ingeschakeld (lokaaltype 3 en 4). De gemiddelde geluidniveaus blijken weinig te verschillen tussen de verschillende lokaaltypen en variëren van 33 dB(A) tot 36 dB(A). In 47% van de onderzochte leslokalen bedroeg het achtergrondgeluidniveau meer dan 35 dB(A), in 18% meer dan 40 dB(A).

Voor het achtergrondgeluidniveau zijn geen wettelijke eisen van kracht. In de praktijk wordt bij nieuwbouw van scholen in het Programma van Eisen veelal uitgegaan van een achtergrondgeluidniveau voor leslokalen van maximaal 35 dB(A). Bij dit presatieniveau bedraagt de indicatie van het percentage gehinderden in theorielokalen 10 tot 25%. Dit percentage is tevens als uitgangspunt gehanteerd bij de in het Bouwbesluit 2003 vastgelegde akoestische prestatie-eisen.

De optredende geluidniveaus in de leslokalen tijdens aanwezigheid van de leerlingen zullen in het algemeen hoger liggen dan 40 dB(A). Achtergrondgeluidniveaus tussen 35 en 40 dB(A) zullen om deze reden tijdens gebruik van de leslokalen door de leerlingen niet snel aanleiding tot hinder geven. Bij achtergrondgeluidniveaus van meer dan 40 dB(A) is het risico van hinder echter aanzienlijk, met name bij een rustig activiteitsniveau van de aanwezige leerlingen.

Bij de onderzochte leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie (lokaaltype 1 en 2) vormt buitengeluid bij gebruik van de ventilatievoorzieningen in de gevel over het algemeen de bepalende geluidbron. Het sluiten van de ventilatievoorzieningen in de gevel bleek in deze lokaaltypen te resulteren in een gemiddeld 2 tot 5 dB dB(A) lager geluidniveau. Bij de onderzochte leslokalen met een natuurlijke toevoer en een mechanisch afvoer (lokaaltype 3) bleek het gebruik van de ventilatievoorzieningen in de gevel een gering effect te hebben op de gemeten achtergrondgeluidniveaus, te weten gemiddeld minder dan 2 dB(A). De genoemde verschillen zijn geen vaste waarden maar worden mede bepaald door de optredende buitengeluid en het optredende geluidniveau binnen.

Bij gesloten ventilatievoorzieningen in de gevel blijkt bij lokaaltype 3 het geluid ten gevolge van het ventilatiesysteem over het algemeen bepalend voor het gemeten achtergrondgeluidniveau. Ook bij de onderzochte leslokalen met een geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 4) vormt installatiegeluid ten gevolge van het ventilatiesysteem veelal de dominante geluidbron. In nagevoeg alle onderzochte leslokalen met een deels of geheel mecha-



nische ventilatie (lokaaltype 3 en 4) bleek het niet mogelijk de mechanisch ventilatie uit te schakelen en kon het achtergrondgeluidniveau voor deze situatie dus niet worden vastgesteld.

In 37% van de onderzochte lokalen met alleen een mechanische afvoer (lokaaltype 3) is het geluidniveau gelegen tussen 35 en 40 dB(A). In 7% van de onderzochte leslokalen van dit type was sprake van een geluidniveau hoger dan 40 dB(A). Op basis van de enquête van het gebruik van de ventilatievoorzieningen bleken de leerkrachten in 13% van dit type lokalen soms en in 3% vaak hinder te ondervinden van geluid van het mechanisch ventilatiesysteem.

In 50% van de onderzochte lokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) was sprake van geluidniveau tussen 35 en 40 dB(A), waarbij in 12% van de onderzochte leslokalen van dit type een geluidniveau van meer dan 40 dB(A) optrad. Deze hogere percentages van lokaaltype 4 ten opzichte van lokaaltype 3 worden bevestigd door het percentage van de leerkrachten dat aangegeven heeft hinder ten gevolge van het ventilatiesysteem te ondervinden (18% soms en 12% vaak). Het percentage leerkrachten dat bij lokaaltype 4 aangeeft vaak hinder te ondervinden van het geluid van het ventilatiesysteem is gelijk aan het percentage leslokalen van dit type waar sprake is van een achtergrondgeluidniveau van meer dan 40 dB(A).

#### Onderzoeksvraag 7.

##### Wordt er voldaan aan de eisen voor de geluidwering van de gevel? Welk effect heeft het gebruik van ventilatiemogelijkheden op het stoorgeluid?

De karakteristieke geluidwering ( $G_{A;k}$ ) van de gevel van de onderzochte leslokalen (met gesloten en open ventilatievoorzieningen) is berekend op basis van een berekening conform NPR 5272 [22]. Deze blijkt voor de onderzochte leslokalen met geopende ventilatievoorzieningen in de gevel te variëren van 9 tot 21 dB(A) en gemiddeld 15 dB(A) te bedragen. In geval de ventilatievoorzieningen in de gevel zijn gesloten varieert deze in de onderzochte leslokalen van 21 tot 32 dB(A) en bedraagt deze gemiddeld 26 dB(A). De karakteristieke geluidwering van de gevel van de onderzochte leslokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) stemt globaal overeen met die van de andere lokaaltypen voor de situatie dat de voorzieningen in de gevel zijn gesloten.

Voor 25% van de onderzochte leslokalen geldt dat deze zijn voorzien van een natuurlijke toevoer via de gevel én zijn gebouwd ná

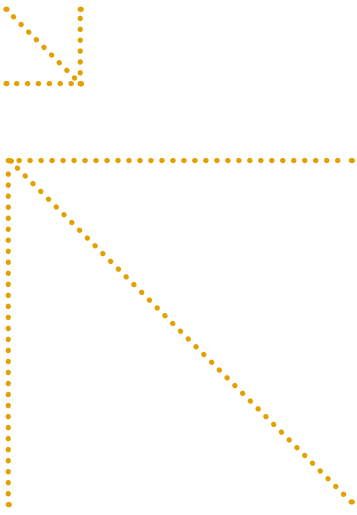
1982. Voor deze lokalen is een wettelijke eis aan de mini-male vereiste geluidwering van een verblijfsgebied van ten minste 20 dB(A) van toe-passing. De genoemde eis geldt voor de situatie dat tevens wordt voldaan aan de vereiste luchtverversing. Voor ventilatiesystemen waarbij hiervoor gebruik moet worden gemaakt van ventilatievoorzieningen in de gevel, dient de vereiste geluidwering van de gevel dus te worden behaald voor de situatie dat deze voorzieningen in de gevel zodanig geopend zijn dat hiermee de vereiste luchtverversing wordt behaald. De karakteristieke geluidwering van de gevel met geopende ventilatievoorzieningen varieerde bij deze leslokalen tussen 9 en 18 dB(A) en bedroeg gemiddeld ca. 14 dB(A). Voor geen van deze lokalen werd voldaan aan de minimaal vereiste geluidwering van een verblijfsgebied van 20 dB(A).

Met te openen ramen en akoestisch ongedempte ventilatieroosters in de gevels van leslokalen kan niet worden voldaan aan de minimaal vereiste geluidwering van 20 dB(A). Om wel aan deze eis te kunnen voldoen zijn bij een natuurlijke toevoer via de gevel akoestisch gedempte ventilatievoorzieningen (zogenoemde suskasten) noodzakelijk. Bij een mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht zal doorgaans zonder aanvullende voorzieningen aan de eis van een minimale karakteristieke geluidwering van 20 dB(A) worden voldaan.

In de huidige bouwpraktijk worden bij niet-geluidbelaste<sup>1</sup> leslokalen in het algemeen alleen suskasten toegepast indien een akoestisch adviseur bij het ontwerpproces is betrokken. Voor de overige situaties worden akoestisch niet-gedempte ventilatievoorzieningen goedgekeurd waarmee dus niet aan de vereiste minimale geluidwering wordt voldaan.

Het percentage leerkrachten bij de onderzochte leslokalen met een natuurlijke toevoer via de gevel dat aangeeft soms hinder van buitengeluid te ervaren, varieerde van 27% tot 40%. In 7 tot 13% van deze leslokalen wordt vaak hinder ten gevolge van buitengeluid ondervonden. Voor 22% tot 28% van de leerkrachten van deze leslokalen zijn er momenten dat de ventilatievoorzieningen worden gesloten vanwege buitengeluid. Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de in de praktijk aanwezige geluidwering van de gevel van leslokalen met een natuurlijke toevoer via de

<sup>1</sup> leslokalen waar als gevolg van een beperkte geluidbelasting door weg-, luchtvaart- en of railverkeer geen hogere geluidwering van de gevel vereist is dan de minimale geluidwering van 20 dB(A)



gevel relatief vaak aanleiding tot hinder en tot een onvoldoende gebruik van de ventilatievoorzieningen kan geven.

#### Onderzoeksvraag 8.

##### Hoe is de nagalmtijd in de lokalen en in hoeverre hebben leerkrachten last van stoorgeluid en nagalm (in beleving en in relatie tot de kwaliteit van hun gehoor)?

Om de akoestische kwaliteit van een klaslokaal te karakteriseren wordt meestal gebruik gemaakt van de nagalmtijd (T). De gemiddelde nagalmtijd van de onderzochte leslokalen (ingericht, zonder leerlingen) varieert tussen 0,3 s en 1,0 s en bedraagt gemiddeld 0,56 s. In ca. 80% van de leslokalen is de nagalmtijd in de ingerichte situatie kleiner dan 0,7 s. In 80 tot 100% van de leslokalen (afhankelijk of de ingerichte of de niet-ingerichte situatie wordt beschouwd) wordt voldaan aan de wettelijke eisen zoals deze tot 2005 van kracht zijn geweest. Het toepassen van een geluidabsorberend plafond blijkt veelal toereikend om een nagalmtijd van maximaal 1,0 s in de niet-ingerichte situatie en 0,7 s in de ingerichte situatie te bereiken.

De spraakverstaanbaarheid in leslokalen wordt bepaald door twee factoren, te weten het aanwezige achtergrondgeluidniveau (ruis) en de nagalmtijd (galm). De mate van spraak-verstaanbaarheid in een ruimte kan worden uitgedrukt in de Speech Transmission Index (STI). De gemiddelde spraakverstaanbaarheid (STI-waarde) van de onderzochte leslokalen blijkt te variëren van 0,58 tot 0,86 en bedraagt gemiddeld 0,75. In 98% van de leslokalen bedraagt de STI meer dan 0,60. In 77% van de leslokalen wordt een STI-waarde bereikt van 0,70 of hoger.

Op basis van de resultaten van de nagalmtijd en de spraakverstaanbaarheid kan worden geconcludeerd dat de ruimteakoestiek van de leslokalen over het algemeen gunstig is te noemen. In ca. 80% van de lokalen is sprake van een goede spraakverstaanbaarheid ( $STI \geq 0,70$ ) en wordt een nagalmtijd in een ingericht leslokaal bereikt van lager dan 0,7 s.

De nagalmtijd van 0,7 s stemt globaal overeen met een nagalmtijd van 1,0 s in een niet-ingericht leslokaal.

Ook de leerkrachten beoordelen de ruimteakoestiek over het algemeen goed. De spraakverstaanbaarheid in de onderzochte leslokalen werd door de leerkrachten beoordeeld met een gemiddeld rapportcijfer van 7,4 waarbij 96% van de leerkrachten de spraakverstaanbaarheid als voldoende (6 of hoger) beoordeeld.

Ook is gebleken dat de leerkrachten over het algemeen weinig last hebben van een lawaaiig galmend lokaal of moeite hebben met het verstaan van de leerlingen.

Voor de leerkrachten die de spraakverstaanbaarheid als onvoldoende (rapportcijfer 5 of lager) beoordeelden of aangegeven hadden last te hebben van een lawaaiig galmend lokaal is dit in één enkel geval mogelijk mede het gevolg van een verminderd gehoor van de leerkracht. Voor de overige leslokalen met een lage beoordeling van de spraakverstaanbaarheid bleek op basis van de meetresultaten van de akoestische metingen geen directe aanleiding voor de onvoldoende beoordeling te bestaan en bleek tevens dat de leerkrachten over een goed gehoor beschikten.

### 3.3 Temperatuur en luchtvochtigheid

De te beantwoorden onderzoeksvragen zijn:

- 9 Voldoen de temperatuur en de luchtvochtigheid in de leslokalen aan de in [11] gegeven advieswaarden?
- 10 Komt de beleving van temperatuur en luchtvochtigheid overeen met de verwachtingen aan de advieswaarden?
- 11 Wat is de kwaliteit van het binnenklimaat in het leslokaal gedurende de zomerperiode?

Het thermisch binnenklimaat gedurende de periode buiten het stookseizoen is in dit onderzoek niet met metingen nader onderzocht. Wél zijn van de onderzochte leslokalen alle relevante gegevens verzameld die van belang zijn voor het zomerklimaat. Op basis hiervan is de kwaliteit van het thermisch binnenklimaat in de zomerperiode kwalitatief beoordeeld. Verder is ook bij de enquête van de leerkrachten aandacht besteed aan de beleving van de ruimtetemperatuur gedurende de zomerperiode.

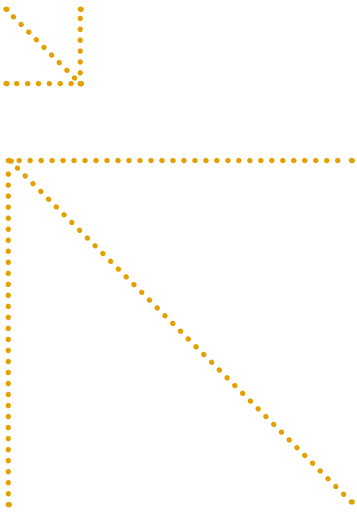
#### Onderzoeksvraag 9.

##### Voldoen de temperatuur en de luchtvochtigheid in de leslokalen aan de in [11] gegeven advieswaarden?

Voor de winter-periode c.q. het stookseizoen zijn de in [11] gegeven advieswaarden als volgt:

- temperatuur  $19-23^{\circ}\text{C}$  ( $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$ )
- relatieve vochtigheid 20-60%.

De gemiddelde minimum en maximum temperatuur voldoen in nagenoeg alle onderzochte leslokalen aan de vooraf gestelde advieswaarde van  $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . In gemiddeld 57% van de onderzochte leslokalen wordt de ondergrens van  $19^{\circ}\text{C}$  tijdelijk (gemiddeld



gedurende 21% van de lestijd) onderschreden. In leslokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) is dit percentage beduidend lager, te weten 28% van de leslokalen gedurende gemiddeld 7% van de lestijd. De reden hiervan is dat de toevoerlucht van een ventilatiesysteem met een mechanische toe- en afvoer over het algemeen is voorverwarmd doordat deze systemen zijn voorzien van een warmteterugwinunit. In 20% van de onderzochte leslokalen blijkt de bovengrens van 23°C te worden overschreden. De tijdsduur van deze overschrijding was gemiddeld 8% van de lestijd.

De relatieve vochtigheid in de onderzochte leslokalen voldoet in het algemeen aan de gestelde criteria van minimaal 20% en maximaal 60%. In leslokalen met een deels of geheel natuurlijke ventilatie (lokaaltype 1 t/m 3) blijkt de bovengrens van 60% tijdelijk als gevolg van een lagere ruimtetemperatuur te worden overschreden, waarbij de tijdsduur van deze overschrijding gemiddeld 11% van de lestijd bedraagt. In deze lokaaltypen blijkt wel aan een relatieve vochtigheid van ten hoogste 60% te worden voldaan ingeval de ruimtetemperatuur 19°C of meer bedraagt.

#### Onderzoeksvraag 10.

##### Komt de beleving van temperatuur en luchtvochtigheid overeen met de verwachtingen aan de advieswaarden?

Tussen de beoordeling van het thermisch comfort door de leerkracht en de gemeten lucht blijkt een duidelijke relatie te bestaan. De beleving van de luchtvochtigheid blijkt duidelijker te zijn gerelateerd aan de optredende luchttemperatuur dan aan de optredende luchtvochtigheid. Door in het stookseizoen het optreden van hoge ruimtetemperaturen tegen te gaan kan hinder als gevolg van een lage luchtvochtigheid worden beperkt.

In ca. 80% van de leslokalen wordt het thermisch comfort tijdens het stookseizoen als toereikend (rapportcijfer 6 of hoger) ervaren. De waardering van het thermisch comfort in leslokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) wijkt niet noemenswaardig af van die in de andere lokaaltypen.

In ca. 85% van de leslokalen wordt de luchtvochtigheid in het stookseizoen als toereikend beoordeeld (rapportcijfer 6 of hoger). Dit percentage stemt globaal overeen met het percentage van de leerkrachten dat aangeeft de lucht in de winter soms of nooit te droog te ervaren.

In lokalen met een natuurlijke toevoer van ventilatielucht (lokaaltype 1 t/m 3) blijkt het percentage van de leerkrachten van de leslokalen dat aangeeft het 's winters vaak te warm te hebben, aanmerkelijk hoger ligt dan het percentage dat aangeeft het 's winters vaak te koud te hebben. In de onderzochte leslokalen met een mechanische toe- en afvoer heeft geen van de leerkrachten aangegeven het 's winters vaak te warm of te koud te hebben. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de temperatuurcondities in leslokalen met een geheel mechanische ventilatie (lokaaltype 4) beter beheersbaar zijn als gevolg van minder variatie van de ruimtetemperatuur door de ventilatie van de leslokalen. Bij de andere lokaaltypen zal de optredende ruimtetemperatuur meer kunnen variëren door een wisselend gebruik van de ventilatievoorzieningen. Verder is mogelijk van invloed dat de leslokalen van het type 4 over het algemeen nieuwer zijn dan de andere typen en mede hierdoor vaker zullen zijn voorzien van zonwering en een thermostatische temperatuurregeling van de radiatoren.

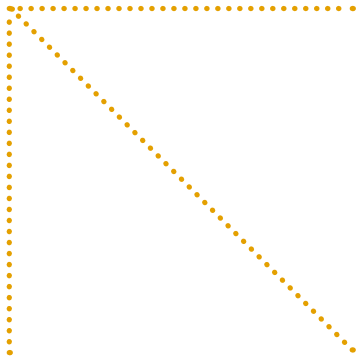
Bij lokalen met een natuurlijke toevoer geeft 40% tot 60% van de leerkrachten aan vaak of soms hinder ten gevolge van tocht te ondervinden. Met name in leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie via klep- en/of uitzetramen (lokaaltype 1) blijkt het optreden van tocht aanleiding voor een onvoldoende gebruik van de ventilatievoorzieningen. Bij leslokalen waarbij de toevoer van lucht deels of geheel geschiedt via fijnregelbare ventilatieroosters (lokaaltype 2 en 3) blijkt hiervoor minder aanleiding te bestaan, waarschijnlijk doordat de ventilatiestroom in deze lokalen als gevolg van de fijnregeling over het algemeen beter kan worden beheerst.

#### Onderzoeksvraag 11.

##### Wat is de kwaliteit van het binnenklimaat in het leslokaal gedurende de zomerperiode?

De onderzoeksresultaten bevestigen dat het thermisch binnenklimaat in de zomer als één van de optredende knelpunten van het binnenmilieu in basisscholen kan worden aangemerkt. In 42% van de onderzochte leslokalen wordt het thermisch comfort in de zomer als onvoldoende aangemerkt (rapportcijfer 5 of lager), waarbij 45% van de leerkrachten aangeeft het zomers vaak te warm te hebben in het leslokaal.

Op basis van een kwalitatieve beoordeling van de voor het zomer-klimaat relevante kenmerken van de leslokalen blijkt 62% van de onderzochte leslokalen zijn in te delen in de categorie waarbij het



thermisch binnenklimaat in de zomer als minder goed beheersbaar kan worden gekwalificeerd. Voor de overige 38% van de onderzochte leslokalen geldt dat de omstandigheden en voorzieningen in het leslokaal zodanig zijn dat het binnenklimaat in de zomer naar verwachting binnen acceptabele grenzen kan worden gehouden.

In de onderzochte leslokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) blijkt het thermisch comfort in de zomer beter beheersbaar dan de andere lokaal-typen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat leslokalen van het type 4 in het algemeen van een recenter bouwjaar zijn en hierdoor over gunstige eigenschappen voor het thermisch zomercomfort beschikken (thermische isolatie dak, steenachtig dak, minder glas, meer zonwering).

## 4. Conclusies en aanbevelingen

**Op basis van de voornaamste bevindingen uit het voorgaande hoofdstuk worden in dit hoofdstuk conclusies afgeleid ten aanzien van de actuele stand van zaken wat betreft de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen. Afgesloten wordt met aanbevelingen gericht op de mogelijkheden waarmee de voornaamste knelpunten zijn te verhelpen.**

### 4.1 Conclusies

Het binnenmilieu in basisscholen laat op onderdelen te wensen over. De voornaamste knelpunten blijken:

- 1 een onvoldoende luchtkwaliteit gedurende het stookseizoen;
- 2 stoorgeluid van buitenlawaai en geluid van het ventilatiesysteem;
- 3 een minder goed beheersbare ruimtetemperatuur in de periode buiten het stookseizoen.

De kwaliteit van de overige onderzochte binnenmilieuaspecten, te weten de ruimteakoestiek en de temperatuur en luchtvochtigheid in het stookseizoen, blijkt in het algemeen aan de gestelde criteria te voldoen en geen direct knelpunt op te leveren. In het navolgende wordt nader op de genoemde knelpunten ingegaan.

#### Ad 1 Luchtkwaliteit stookseizoen

De luchtverversing in bestaande leslokalen dient ten minste te voldoen aan de eisen van de bestaande bouw van Bouwbesluit 2003. Voorts wordt van de eigenaar verlangd dat het van toepassing zijnde niveau dat bij de verlening van de bouwvergunning voor het leslokaal (tijdens de bouw of renovatie) van toepassing is, in stand te houden. Handhaving van gemeenten betreft in eerste instantie een (preventieve) toets bij aanvraag om bouwvergunning en in tweede instantie of het niveau van bestaande bouw is onderschreden. Het niveau dat verbonden is aan de verleende bouwvergunning heeft een functie als onderbouwing van de noodzaak voor het opleggen van een verplichting ingevolge artikel 13 Woningwet tot het treffen van een voorziening op een hoger niveau.

De eis aan de capaciteit van de luchtverversing van een leslokaal zoals deze in het Bouwbesluit is gesteld voor de bestaande bouw, betreft een bouwtechnische ondergrens die niet is gerelateerd aan een specifieke CO<sub>2</sub>-concentratie in de ruimte. De betreffende eis is van toepassing voor leslokalen waarvan de aanvraag van de bouwvergunning vóór oktober 1986 heeft plaatsgevonden. Voor leslokalen waarvan de aanvraag van de bouwvergunning na okto-

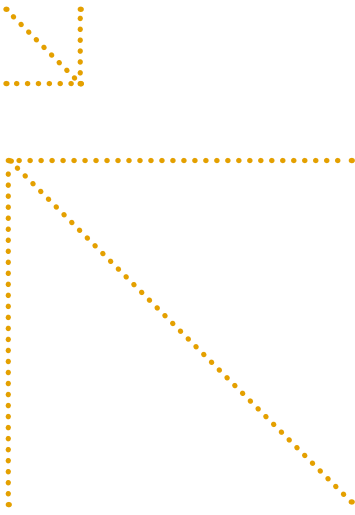
ber 1986 heeft plaatsgevonden zijn de capaciteitseisen van 'Bouwverordening – NEN 1089' (tot oktober 1992) of 'Bouwbesluit 2003 - nieuwbouw' (na oktober 1992) van toepassing. Deze capaciteitseisen zijn gebaseerd op een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm.

Bij het vaststellen van de capaciteitseisen voor nieuw te bouwen onderwijsruimten op basis van een maximum CO<sub>2</sub>-concentratie van 1200 ppm, is uitgegaan van een rekenwaarde voor de bezetting in een ruimte. Deze rekenwaarde stemt echter niet overeen met de maximale bezetting die binnen een bepaalde bezettingsgraadklasse is toegestaan. Hierdoor kunnen er theoretisch CO<sub>2</sub>-concentraties tot 1800 ppm optreden bij een ventilatie die voldoet aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit.

Uit het onderzoek is gebleken dat ca. 74% van de onderzochte leslokalen aan de wettelijke eisen voldoet, maar dat voor ca. 62% van de onderzochte leslokalen geen hogere eisen van toepassing zijn dan het niveau van de bestaande bouw in Bouwbesluit 2003. Voor de ca. 26% van de onderzochte leslokalen waar niet aan de wettelijke eisen wordt voldaan, geldt het wettelijke niveau van 'Bouwbesluit 2003 - nieuwbouw' of 'Bouwverordening - NEN 1089'. Verder is gebleken dat voor ca. 69% van de leslokalen waar deze eisen van toepassing zijn, er niet aan de wettelijke eisen wordt voldaan.

De luchtkwaliteit gedurende het stookseizoen vormt één van de geconstateerde knelpunten. In 88% van de onderzochte leslokalen blijkt de CO<sub>2</sub>-concentratie meer dan 1200 ppm te bedragen, en wel gedurende gemiddeld 41% van de lestijd. De oorzaak van een CO<sub>2</sub>-concentratie van meer dan 1200 ppm blijkt in de onderzochte leslokalen over het algemeen niet het gevolg van een (te) hoge bezetting, maar in hoofdzaak zijn toe te schrijven aan een onvoldoende ventilatie. De onvoldoende ventilatie blijkt zowel door gedrag als techniek te worden veroorzaakt. In ca. 56% van de onderzochte leslokalen komt de capaciteit van de ventilatievoorzieningen niet overeen met het prestatieniveau waarmee een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm kan worden bereikt.

In de onderzochte leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie blijkt de ventilatie met name tekort te schieten door een onvoldoende gebruik van de ventilatievoorzieningen (gedrag). Reden van dit onvoldoende gebruik is het tegengaan van tocht- en koudeklachten en, in mindere mate, het weren van buitenge-



luid. De tocht- en koudeklachten blijken veelal het gevolg van de aard en de uitvoering van de aanwezige ventilatievoorzieningen (techniek). De ventilatievoorzieningen in de onderzochte leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie voldoen in het algemeen wél aan de van toepassing zijnde wettelijke eisen, mede omdat voor deze leslokalen de aanvraag van de bouwvergunning veelal vóór 1986 heeft plaatsgevonden en er hierdoor geen hogere eisen van toepassing zijn dan het niveau van de bestaande bouw in Bouwbesluit 2003.

In leslokalen met een geheel of deels mechanische ventilatie blijkt de tekort schietende ventilatie met name het gevolg te zijn van een onvoldoende capaciteit van het mechanisch ventilatiesysteem (techniek). In het merendeel van de onderzochte leslokalen met een geheel of deels mechanische ventilatie blijkt de capaciteit van de mechanische ventilatie niet aan de van toepassing zijnde wettelijke eisen te voldoen. Voor de leslokalen waar niet aan de eisen wordt voldaan komt de wettelijk vereiste capaciteit overeen met het nieuwbouwniveau van Bouwbesluit 2003.

In een deel van de lokalen met een natuurlijke toevoer en een mechanische afvoer blijkt tevens dat de natuurlijke toevoer via de gevel niet aan de capaciteit- en inrichtingseisen<sup>2</sup> voldoet.

De optredende CO<sub>2</sub>-concentraties in de onderzochte leslokalen met een geheel mechanische ventilatie blijken lager dan in de onderzochte leslokalen met een deels of geheel natuurlijke ventilatie. Voor een deel van de onderzochte leslokalen met een mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht blijkt evenwel aanvullend te worden geventileerd door het gebruik van de ramen in de gevel en is de lagere CO<sub>2</sub>-concentratie mogelijk mede hier- van het gevolg.

### Ad 2 Stoorgeluid

Een ander knelpunt vormt het stoorgeluid ten gevolge van buitenlawaai en installatiegeluid van het mechanisch ventilatiesysteem. In 47% van de leslokalen bedroeg het achtergrondgeluidniveau meer dan de normaliter gehanteerde grenswaarde van 35 dB(A), in 18% van de leslokalen zelfs meer dan 40 dB(A). Bij een achtergrondgeluidniveau van meer dan 40 dB(A) is het risico van hinder aanzienlijk, met name bij een rustig activiteitsniveau van de aanwezige leerlingen.

In de onderzochte leslokalen waar de ventilatie deels of geheel via ventilatievoorzieningen in de gevel geschiedt, blijkt geluid van

buiten in het algemeen bepalend voor het optredende achtergrondgeluidniveau. De geluidwering van de gevel waarbij de ventilatievoorzieningen in de gevel zijn geopend, blijkt beperkt tot gemiddeld 15 dB(A). In geval de ventilatievoorzieningen in de gevel zijn gesloten varieert deze in de onderzochte leslokalen van 21 tot 32 dB(A) en bedraagt deze gemiddeld 26 dB(A). De karakteristieke geluidwering van de gevel van de onderzochte leslokalen met een mechanische toe- en afvoer (lokaaltype 4) stemt globaal overeen met die van de andere lokaaltypen voor de situatie dat de voorzieningen in de gevel zijn gesloten.

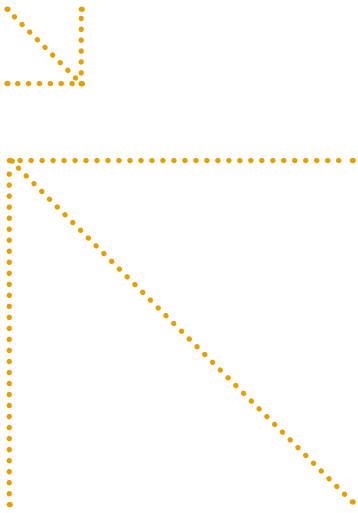
Sinds 1983 geldt een wettelijke eis voor de geluidwering van de gevel van een leslokaal van ten minste 20 dB(A). De genoemde eis geldt voor de situatie dat tevens wordt voldaan aan de vereiste luchtverversing. Voor geen van de onderzochte leslokalen met een natuurlijke toevoer van ventilatielucht via de gevel en een bouwvergunning van ná 1982 werd aan deze eis voldaan.

Voor 22% tot 28% van de leerkrachten van de onderzochte leslokalen met een natuurlijke toevoer via de gevel zijn er momenten dat de ventilatievoorzieningen worden gesloten vanwege buiten- geluid. Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de in de praktijk aanwezige geluidwering van de gevel van leslokalen met een natuurlijke toevoer via de gevel aanleiding tot hinder en tot een onvoldoende gebruik van de ventilatievoorzieningen kan geven.

In leslokalen waar de ventilatie deels of geheel met een mechanische ventilatiesysteem tot stand komt, is het geluid van het ventilatiesysteem veelal bepalend voor het optredende achtergrondgeluidniveau. Met name in de onderzochte lokalen met een mechanische toe- en afvoer deden zich hogere geluidniveaus dan de normaliter gehanteerde grenswaarde van 35 dB(A). Ook het percentage leerkrachten dat aangaf hinder ten gevolge van het ventilatie-systeem te ondervinden was bij leslokalen met een geheel mechanische ventilatie hoger dan bij leslokalen met een deels mechanische ventilatie.

<sup>2</sup> Bijvoorbeeld doordat de capaciteit van de toevoorzieningen te gering is, de voorzieningen te laag in de gevel zijn gepositioneerd, de voorzieningen niet in verschillende capaciteitsstanden is in te stellen en/of de mogelijkheden voor een goede bediening ontbreken.





### Ad 3 Klimaat zomerperiode

Het thermisch binnenklimaat buiten het stookseizoen kan als één van de optredende knelpunten van het binnenmilieu in basisscholen worden aangemerkt. In ruim 40% van de leslokalen wordt het thermisch comfort in de zomer als onvoldoende aangemerkt en geven de leerkrachten aan het 's zomers vaak te warm te hebben. Op basis van een kwalitatieve beoordeling van de voor het zomer-klimaat relevante kenmerken van de leslokalen blijkt 62% van de leslokalen zijn in te delen in de categorie waarbij het thermisch binnenklimaat in de zomer als minder goed beheersbaar kan worden gekwalificeerd. Voor de overige 38% van de onderzochte leslokalen geldt dat de omstandigheden en voorzieningen in het leslokaal zodanig zijn dat het binnenklimaat in de zomer naar verwachting binnen acceptabele grenzen kan worden gehouden.

## 4.2 Aanbevelingen

Afgesloten wordt met aanbevelingen gericht op de mogelijkheden waarmee de voornaamste knelpunten tot een acceptabel niveau zijn te verhelpen.

### 1. Luchtkwaliteit

Om een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm te bereiken dienen de ventilatievoorzieningen qua inrichting (positie, fijnregeling) en capaciteit ten minste te voldoen aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit. Dit betekent dat voor bestaande leslokalen waarbij de ventilatie deels of geheel via voorzieningen in de gevel plaatsvindt, de capaciteit, de positie en de fijnregeling van de ventilatievoorzieningen in de gevel dient te worden gecontroleerd en zonodig te worden aangepast. Voor bestaande leslokalen met een deels of geheel mechanische ventilatie dient hiertoe de capaciteit van het mechanisch ventilatiesysteem te worden gecontroleerd en zonodig te worden hersteld. Tevens dient in deze leslokalen het geluidniveau ten gevolge van het ventilatiesysteem bij de vereiste nominale capaciteit te zijn beperkt tot maximaal 35 dB(A).

Verder dienen de ventilatievoorzieningen door de leerkracht zodanig te worden gebruikt dat er een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm wordt verkregen. Voor alle leslokalen (bestaand en nieuw) dient hiertoe een duidelijke instructie van het gebruik van de ventilatievoorzieningen aanwezig te zijn, waarin aandacht wordt besteed aan:

- de mogelijkheden en het belang van een toereikende ventilatie tijdens lestijd;

- de mogelijkheden en het belang van een verhoogde spuiventilatie tijdens de pauzes;
- het gebruik (van de schakeling) van de mechanische afvoer.

Uit het onderzoek is gebleken dat het voor een leerkracht niet eenvoudig is om op basis van eigen perceptie de daadwerkelijke luchtkwaliteit te bepalen, maar dat hiervoor hulpmiddelen benodigd zijn. In aanvulling op de hiervoor genoemde gebruiksinstructie is het om deze reden van belang dat de leerkracht in alle leslokalen (bestaand en nieuw) beschikt over:

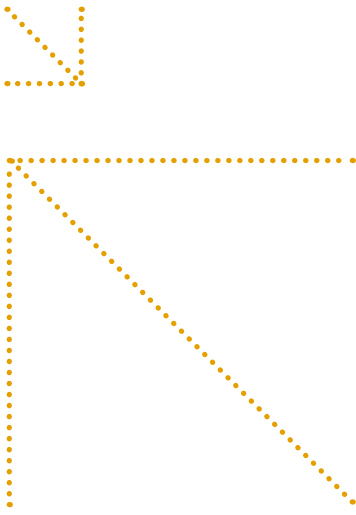
- een instrument waarop de optredende CO<sub>2</sub>-concentratie kan worden afgelezen;
- een duidelijke instructie over wanneer en hoe de ventilatie op basis van de gemeten CO<sub>2</sub>-concentratie dient te worden verhoogd.

Een alternatief voor een controle van de optredende CO<sub>2</sub>-concentraties door de leerkracht kan voor leslokalen met een mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht bestaan uit een voor de leerkracht zichtbare signalering die in werking treedt wanneer het systeem niet correct functioneert. Voorwaarde hierbij is wel dat de systeemprestaties van het ventilatiesysteem periodiek worden gecontroleerd.

De totale indicatieve kosten (materiaal en arbeid) van de voornoemde maatregelen bedragen voor een gemiddeld bestaand leslokaal:

- met een natuurlijke toe- en afvoer via de gevel: € 750,- tot € 1.750,-
- met een natuurlijke toevoer via de gevel en een mechanische afvoer: € 700,- tot € 2.700,-
- met een geheel mechanische ventilatie: € 300,- tot € 600,-

Cruciale voorwaarde voor een voldoende gebruik van de aanwezige ventilatievoorzieningen is de realisatie van een tochtvrije toevoer van ventilatielucht. Indien niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, zal ondanks de hiervoor aangegeven maatregelen onvoldoende waarborg op een toereikende luchtkwaliteit bestaan. Hiertoe dient door de betrokken architecten en adviseurs aandacht te worden besteed aan een zorgvuldige positionering, dimensionering en detaillering van de toevoorzieningen in de gevel. De mogelijkheden en oplossingen zijn situatieafhankelijk en kunnen mogelijk tot hogere kosten leiden dan hiervoor is aangegeven. Vanuit de overheid zouden hiervoor voorbeelden en



richtlijnen kunnen worden uitgewerkt. De (nieuwe versie van) NPR 1090 zou hier mogelijk een rol in kunnen vervullen.

De luchtkwaliteit in leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie is niet per definitie onvoldoende. Wel dient te worden onderkend dat in leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie – ondanks de hiervoor aangegeven maatregelen – geen waarborg bestaat op een altijd toereikende luchtkwaliteit omdat de ventilatie van dit type leslokalen zeer afhankelijk blijft van een bewust gebruik van ventilatievoorzieningen. Toepassing van goed gedimensioneerde en tochtvrije toevoorzieningen kan het risico van deze gebruikersinvloed beperken.

Een goed beheersbare ventilatie vereist echter meer, namelijk ten minste een mechanische afvoer van ventilatielucht. Bij renovatie van leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie zou om deze reden de toepassing van een mechanische afvoer moeten worden overwogen. De aanvullende kosten hiervan worden geraamd op ca. € 2.000,- per leslokaal.

Cruciale voorwaarden om bij leslokalen (bestaand en nieuw) met een deels of geheel mechanische ventilatie ook op langere duur een toereikende ventilatie te kunnen waarborgen zijn:

- een (onafhankelijke) controle van de systeemprestaties ten tijde van de oplevering;
- een periodieke kwaliteitsbewaking van de systeemprestaties van de mechanische ventilatie (bijvoorbeeld door middel van een onderhoudscontract). Bij een geheel mechanische ventilatie dient hierbij tevens aandacht te worden besteed aan de reiniging c.q. vervanging van de luchtfilters in het toevoerkanaal.

Het verdient aanbeveling na te gaan in hoeverre deze controles daadwerkelijk zijn af te dwingen (bijvoorbeeld door deze wettelijk te verplichten).

Bij het vaststellen van de capaciteitseisen voor nieuw te bouwen onderwijsruimten op basis van een maximum CO<sub>2</sub>-concentratie van 1200 ppm, is uitgegaan van een rekenwaarde voor de bezetting in een ruimte. Deze rekenwaarde stemt echter niet overeen met de maximale bezetting die binnen een bepaalde bezettingsgraadklasse is toegestaan. Hierdoor kunnen er theoretisch CO<sub>2</sub>-concentraties tot 1800 ppm optreden bij een ventilatie die voldoet aan de nieuwbouweisen van het Bouwbesluit. Om in bestaande en nieuw te bouwen leslokalen een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm te bewerkstelligen dient om deze reden een duidelijke

limiet te worden gesteld aan het maximum aantal leerlingen per leslokaal. Dit maximum aantal leerlingen dient op basis van de capaciteit van de in het leslokaal aanwezige ventilatievoorzieningen te worden vastgesteld. De bepaling van deze capaciteit dient te geschieden op grond van de nieuwbouweisen van Bouwbesluit 2003 (NEN 1087).

Een alternatief voor de genoemde limitering van het aantal leerlingen per leslokaal is de ventilatie-eisen voor nieuw te bouwen onderwijsruimten aan te passen en deze te baseren op een CO<sub>2</sub>-concentratie van maximaal 1200 ppm bij de hoogste bezetting die binnen een bezettingsgraadklasse is toegestaan.

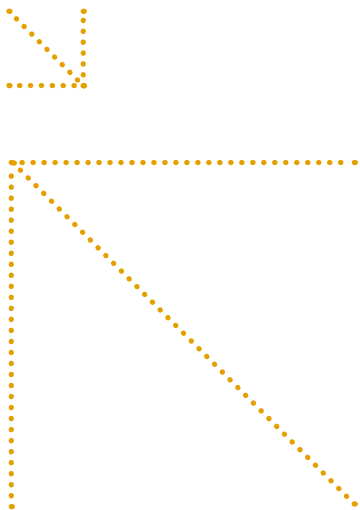
Aansluitend op het voorgaande verdient het aanbeveling na te gaan in hoeverre het mogelijk is om de wettelijke eisen ten aanzien van de luchtverversing van nieuw te bouwen onderwijsruimten (op termijn) ook voor bestaande onderwijsruimten te laten gelden.

## 2. Stoorgeluid

Om hinder ten gevolge van stoorgeluid van buiten afdoende te beperken dient de geluidwering van de gevel van het leslokaal te voldoen aan de nieuwbouweisen van Bouwbesluit 2003. Hiertoe zijn ook bij niet-geluidbelaste<sup>3</sup> leslokalen met een natuurlijke toevoer via de gevel akoestisch gedempte ventilatievoorzieningen (zogenoemde suskasten) noodzakelijk. In de huidige bouwpraktijk worden bij niet-geluidbelaste leslokalen in het algemeen alleen suskasten toegepast indien een akoestisch adviseur bij het ontwerpproces is betrokken. Voor de overige situaties worden akoestisch niet-gedempte ventilatievoorzieningen goedgekeurd waarmee dus niet aan de vereiste minimale geluidwering wordt voldaan.

Een betere naleving van de wetgeving op dit punt is dus wenselijk. Zowel bij nieuwbouw als bij een renovatie van de gevel van leslokalen waar een mechanische afvoer is of wordt toegepast dient de akoestische kwaliteit van de ventilatievoorzieningen in de gevel door een akoestisch adviseur te worden bepaald. Voor leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie zal in het algemeen niet aan een minimale geluidwering van 20 dB(A) kunnen worden voldaan, omdat ten behoeve van een voldoende capaciteit veelal gebruik zal moeten worden gemaakt van te openen ramen. Dit pleit ervoor om

<sup>3</sup> Leslokalen waar als gevolg van een beperkte geluidbelasting door weg-, luchtvaart- en of railverkeer geen hogere geluidwering van de gevel vereist is dan de minimale geluidwering van 20 dB(A)



bestaande leslokalen met een geheel natuurlijke ventilatie op termijn eveneens te voorzien van akoestisch gedempte ventilatievoorzieningen in de gevel, in combinatie met een mechanische afvoer van ventilatielucht vanuit het lokaal.

Om hinder ten gevolge van stoorgeluid van het ventilatiesysteem te beperken, dient het achtergrondgeluidniveau ten gevolge van het ventilatiesysteem bij de vereiste nominale capaciteit zijn beperkt tot maximaal 35 dB(A). Het verdient aanbeveling na te gaan in hoeverre deze prestatie-eis daadwerkelijk is af te dwingen (bijvoorbeeld door deze wettelijk te verplichten).

### 3. Klimaat zomerperiode

Om in leslokalen het binnenklimaat in de zomer naar verwachting binnen acceptabele grenzen te houden, dient er aan de volgende voorwaarden te worden voldaan:

- 1 een buitenzonweringssysteem ter plaatse van de zonbeschenen (oriëntatie Z, W en O) glasvlakken;
- 2 spuivoorzieningen in de gevel die voldoen aan de richtlijnen in van NPR 1090:1993;
- 3 een isolatieniveau van de dakconstructie van ten minste  $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ , doch bij voorkeur hoger ( $R_c \geq 3,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ ).

Voor bestaande leslokalen is de realisatie van voorwaarde 1 over het algemeen geen (technisch) probleem. De voorwaarden 2 en 3 kunnen mogelijk ten tijde van renovatie van de gevel of bij periodiek onderhoud (vervangen dakbedekking) worden ingevuld. Voor nieuw te bouwen leslokalen zijn in het algemeen alleen de voorwaarden 1 en 2 van belang.

Voor leslokalen met een deels of geheel mechanische ventilatie is het verder van belang dat het ventilatiesysteem gedurende de periode buiten het stookseizoen eveneens buiten lestijden (avond, nacht en weekend) is ingeschakeld. Tenslotte dient de warmterugwinunit in leslokalen met een mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht buiten het stookseizoen te zijn uitgeschakeld (by-pass).

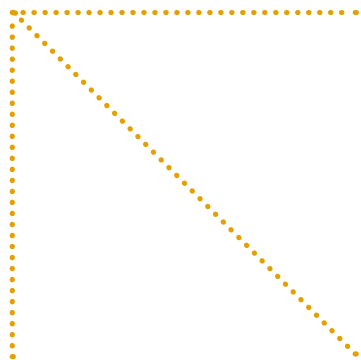
Lichtveld Buis & Partners BV

ir. H. Versteeg

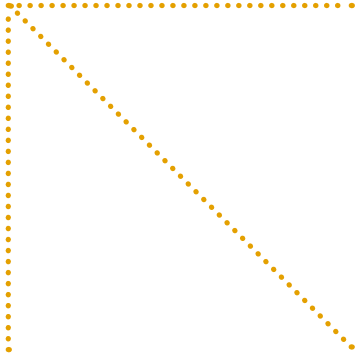


# Literatuur

- [1] NEN 1087:2001, Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw
- [2] NEN 1089:1986, Ventilatie van schoolgebouwen – Eisen
- [3] NPR 1090:1993, Ventilatie van schoolgebouwen - Voorbeelden van bouwkundige oplossingen, afgestemd op NEN 1089
- [4] NEN 8087:2001, Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen
- [5] NEN-EN 13779:2004, Ventilatie voor utiliteitsgebouwen - Prestatie-eisen voor ventilatie- en kamerbehandelings-systemen
- [6] Bremer, A.E. van den, Technische leidraad scholenbouw: Overzicht van minimaal vereisten in het Primair en Voortgezet Onderwijs, herziene 3e druk, VNG-uitgeverij, 2005
- [7] Nijs, L. en Vermeir, G., Akoestische kwaliteit in leslokalen in België en Nederland, Bouwfysica, Vol. 17, 2004, No. 4.
- [8] Bouwbesluit WBO, Staatsblad 515, het Besluit van 19 september 1985, houdende voorschriften met betrekking tot de voorzieningen in de huisvesting van scholen voor basis-onderwijs.
- [9] Bouwbesluit ISOVSO, Staatsblad 585, het Besluit van 13 december 1988, houdende voorschriften met betrekking tot de voorzieningen in de huisvesting van scholen voor speciaal onderwijs en voorgezet speciaal onderwijs
- [10] Bouwfysische kwaliteit Rijkshuisvesting: Wettelijke eisen en Rgd-richtlijnen, Ministerie VROM, september 1999.
- [11] Bogaard, C. van den, Temperatuur en luchtvochtigheid in Scholen: Advies voor te hanteren toetswaarden bij onderzoek naar bestaande situaties ten behoeve van het "onderzoek naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen", 5 oktober 2006
- [12] Dusseldorp A, e.a., Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu, RIVM, 2004.
- [13] Arbo-besluit, Besluit van 5 december 2006 (staatsblad 604)
- [14] Bouwbesluit 2003, laatst per 1 januari 2007 gewijzigd op grond van het Besluit van 20 oktober 2006, houdende aanpassing van algemene maatregelen van bestuur aan de wet van 5 juli 2006 houdende wijziging Wet geluidhinder.
- [15] Dossiernr. 2050607450, Beantwoording van kamervragen gesteld aan de minister van OCW, de staatssecretaris van VROM, en de ministers van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties en van SZW over de slechte kwaliteit van het binnenmilieu van scholen en kinderdagverblijven (ingezonden 3 februari 2006)
- [16] Gids, ing. W.F. de, Scholten, ir. N.P.M., Bouwbesluit: Grenswaarden ventilatie, TNO-rapport 94-BBI-R1537, 1995.
- [17] NPR 1088:1999, Ventilatie van woningen en woongebouwen – Aanwijzingen voor en voorbeelden van de uitvoering van ventilatievoorzieningen.
- [18] CEN 156/WG6/N117, Draft ENV, Ventilation for buildings – Design criteria for the indoor environment, 1994.
- [19] Besluit geluidwering gebouwen, Staatsblad 1982-755 (inwerking getreden op 15 februari 1983)
- [20] NEN 1070:1999/C1, Geluidwering in gebouwen - Specificatie en beoordeling van de kwaliteit
- [21] Kluyver, ir. H. de, Ventilatie én geluidwering van klaslokalen, Bouwwereld nr. 25 (p. 14 en 15), 1994.
- [22] NPR 5272, Geluidwering in gebouwen - Aanwijzingen voor de toepassing van het rekenvoorschrift voor de geluidwering van gevels op basis van NEN-EN 12354-3.
- [23] IEC 60268 – 16, Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index, 2003.



- [24] NEN 5077:2006, Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethode voor de grootheden voor luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidwering van scheidings-constructies en geluidniveaus veroorzaakt door installaties.
- [25] Duijm, F, Toetswaarden voor ventilatie in scholen en kindercentra, GGD Nederland, werkgroep binnenmilieu, 2006
- [26] Liddament, M., Why CO<sub>2</sub>?, Air Infiltration Review, Vol. 18, nr.1, 1996.
- [27] Berg-Munch, B; Cluasen, G.; Fanger, P.O., Ventilation requirement for the control of odour in spaces occupied by women, Env Int. Vol. 12 1986, p.193-199.







Dit is een gezamenlijke uitgave van de ministeries van **VROM, Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Volksgezondheid Welzijn en Sport, Onderwijs Cultuur en Wetenschap.**

