



Briefrapport 609300013/2010

S. Oldenziel | N. Nafisinia | F. Duijm | E.F. Hall

Binnenmilieuadviezen voor nieuw te bouwen scholen

Informatieblad

RIVM-briefrapport 609300013/2010

Binnenmilieuadviezen voor nieuw te bouwen scholen

Informatieblad

S. Oldenziel, GGD Groningen
N. Nafisinia, GGD Groningen
F. Duijm, GGD Groningen
E.F. Hall

Contact:
E.F. Hall
Centrum Inspectie-, Milieu en Gezondheidsadviesing
lisbeth.hall@rivm.nl



Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van VWS, in het kader van V/609300 'Binnenmilieu Scholen'.

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Binnenmilieuadviezen voor nieuw te bouwen scholen

Bij het bouwen van een nieuwe school kunnen GGD-medewerkers adviseren over een gezond binnenmilieu. Dit informatieblad geeft aanbevelingen hiervoor.

De laatste tijd is er toenemende aandacht voor het binnenmilieu van scholen, vooral omdat uit onderzoek blijkt dat het binnenmilieu van veel bestaande basisscholen niet gunstig is. Hierdoor krijgen GGD'en vaak van schoolbesturen en -directies de vraag om informatie te leveren ten behoeve van een gezonde nieuwbouwschool. Met dit informatieblad kunnen GGD-medewerkers een bijdrage leveren in een vroege fase van het bouwproces.

Voor verschillende aspecten van het binnenmilieu zijn er aanbevelingen geformuleerd, zoals voor de binnenluchtkwaliteit, thermisch comfort, schoonmaak en onderhoud. Gekozen is voor een hoog ambitieniveau om condities na te streven die zo gunstig mogelijk zijn. Dat betekent een schoolgebouw waarin het behaaglijk en efficiënt leren is met zo weinig mogelijk gezondheidsrisico's.

Dit informatieblad heeft het RIVM samen met de GGD Groningen opgesteld.

Trefwoorden: binnenmilieu, nieuwbouw, basisschool, binnenluchtkwaliteit

Inhoud

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 7 |
| 1.1 | Aanleiding | 7 |
| 1.2 | Achtergrond | 7 |
| 1.3 | Doel van het informatieblad | 7 |
| 1.4 | Werkwijze | 7 |
| 1.5 | Leeswijzer | 8 |
| 2 | Bouwkundige- en technische begrippen | 9 |
| 3 | Integraal bouwen | 13 |
| 4 | Binnenluchtkwaliteit | 15 |
| 4.1 | Toetswaarden voor ventilatie van scholen | 15 |
| 4.2 | Uitgangspunten voor een goede ventilatie | 15 |
| 4.3 | Ventilatieprincipes | 16 |
| 4.4 | Ventilatiesystemen | 16 |
| 4.4.1 | Mechanische toevoer, mechanische afvoer | 16 |
| 4.4.2 | Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer | 17 |
| 4.4.3 | Natuurlijke toevoer, natuurlijke afvoer | 17 |
| 4.4.4 | Mechanische toevoer, natuurlijke afvoer | 17 |
| 4.4.5 | Hybride ventilatie | 17 |
| 4.5 | Aansturing van het ventilatiesysteem | 18 |
| 4.6 | Aanbevelingen voor een goede binnenluchtkwaliteit | 18 |
| 4.6.1 | Ventilatiecapaciteit | 18 |
| 4.6.2 | (Zomer)nachtventilatie | 19 |
| 4.6.3 | Spuivoorzieningen | 19 |
| 4.6.4 | Bedienbaarheid | 19 |
| 4.6.5 | Kwaliteit toevoerlucht | 19 |
| 4.6.6 | Ruimteoppervlakte en ruimtevolumen | 20 |
| 4.6.7 | Emissies van apparatuur | 20 |
| 4.6.8 | Rook en andere verbrandingsproducten | 20 |
| 4.6.9 | Toiletten | 20 |
| 5 | Thermisch comfort | 21 |
| 5.1 | Warmteopwekkingsinstallaties en verwarmingssystemen | 21 |
| 5.2 | Warmteafgiftesystemen | 21 |
| 5.2.1 | Radiatoren (LTV of HTV) | 21 |
| 5.2.2 | Convectoren (LTV of HTV) | 21 |
| 5.2.3 | Wandverwarming (LTV) | 21 |
| 5.2.4 | Vloerverwarming (LTV) | 22 |
| 5.2.5 | Betonkernactivering (LTV) | 22 |
| 5.2.6 | Klimaatplafond (LTV) | 22 |
| 5.3 | Aanbevelingen | 23 |
| 5.3.1 | Bedienbaarheid | 23 |
| 5.3.2 | Inregeling | 23 |
| 5.3.3 | Afmetingen lokaal | 23 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.3.4 | Thermisch actieve massa | 23 |
| 5.3.5 | Zonwering | 23 |
| 5.3.6 | Isolatie | 24 |
| 5.3.7 | Temperatuur | 24 |
| 5.3.8 | Luchtsnelheid | 24 |
| 5.3.9 | Koeling | 24 |
| 6 | Materialen, schoonmaak en onderhoud | 27 |
| 6.1 | Aanbevelingen | 27 |
| 6.1.1 | Bouw, afwerk en inrichtingsmateriaal | 27 |
| 6.1.2 | Oplevering | 27 |
| 6.1.3 | Inrichting en schoonmaak | 27 |
| 6.1.4 | Detaillering van het lokaal | 28 |
| 6.1.5 | Onderhoud | 28 |
| 7 | Visueel comfort | 29 |
| 7.1 | Aanbevelingen | 29 |
| 7.1.1 | Daglicht | 29 |
| 7.1.2 | Kunstlicht | 29 |
| 7.1.3 | Uitzicht | 29 |
| 8 | Akoestisch comfort | 31 |
| 8.1 | Aanbevelingen | 31 |
| 8.1.1 | Geluid van buiten de school | 31 |
| 8.1.2 | Plafond/zijwanden | 31 |
| 8.1.3 | Luchtgeluid | 31 |
| 8.1.4 | Contactgeluid | 31 |
| 8.1.5 | Installatiegeluid | 32 |
| 9 | Omgeving | 33 |
| 9.1 | Aanbevelingen | 33 |
| 9.1.1 | Afstand tot weg | 33 |
| 9.1.2 | Geur en risicocontour | 33 |
| 9.1.3 | Geluidoverlast | 33 |
| 9.1.4 | Vegetatie | 33 |
| 9.1.5 | Opstelruimte van afvalcontainers | 34 |
| 9.1.6 | Inbraakveiligheid en vandalisme | 34 |
| 9.1.7 | Veilige omgeving | 34 |
| | Dankwoord | 35 |
| | Literatuur | 37 |

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het centrum Gezondheid en Milieu (cGM) van het RIVM heeft de vragen die bij GGD'en leven gepeild. Hieruit bleek een behoefte te bestaan aan binnenmilieuvragen die GGD-medewerkers kunnen gebruiken om schoolbesturen en -directies van informatie te voorzien bij het bouwen van een nieuwe school. Om in deze behoefte te voorzien zijn deze adviezen door het cGM ontwikkeld in samenwerking met de GGD Groningen.

1.2 Achtergrond

Uit onderzoek van GGD'en is gebleken dat het binnenmilieu in veel bestaande basisscholen niet gunstig is.¹ In landelijk onderzoek is dit bevestigd.² De indruk bestaat dat de situatie in nieuwe scholen niet veel beter is. Dit kan het gevolg zijn van onder andere de volgende factoren.

- Beperkt budget.
- Smalle deskundigheid van het bouwteam.
- Uitvoering die afwijkt van ontwerp of bedoeling.
- Onvoldoende inregeling en onderhoud van installaties.
- Onjuist gebruik en onvoldoende reiniging.

Bovendien kan energiebesparing leiden tot keuzes die de ventilatie en de temperatuurbeheersing niet ten goede komen. Indien daarop tijdig geanticipeerd wordt, hoeft er geen strijdigheid te bestaan tussen duurzaamheid en binnenmilieu.

1.3 Doel van het informatieblad

Extra aandacht voor het binnenmilieu van nieuw te bouwen scholen is wenselijk. Vaak krijgen GGD'en de vraag van gemeenten, schooldirecteuren of -besturen om informatie te leveren ten behoeve van een gezonde nieuwbouwschool. Het doel van dit informatieblad is om GGD-medewerkers een overzicht te geven van factoren die relevant zijn voor een goed binnenmilieu in scholen. De formulering en de ordening van deze factoren is zo gekozen dat de GGD ze kan inbrengen in een vroege fase van het bouwproces.

1.4 Werkwijze

Het informatieblad is niet opgezet als een wetenschappelijke studie maar als een praktisch hulpmiddel. De inhoud is gebaseerd op de grijze literatuur,³⁻⁶ regelgeving en gesprekken met deskundigen. Gekozen is voor een hoog ambitieniveau om condities na te streven die zo gunstig mogelijk zijn. Dat betekent een schoolgebouw waarin het behaaglijk en efficiënt leren en werken is met zo weinig mogelijk gezondheidsrisico's.

Naast wat achtergrondinformatie bestaat de tekst vooral uit aanbevelingen voor GGD'en. Deze kunnen dienen als een startpunt in besprekingen. Het zijn geen absolute normen tenzij dit expliciet genoemd wordt. Voor de eenduidigheid zijn duidelijke voorkeuren aangegeven. Alleen voor het ventilatiesysteem en het verwarmingssysteem is de keuze helemaal open gelaten en zijn de voordelen en de nadelen opgesomd.

Ter wille van de overzichtelijkheid staat in het informatieblad weinig informatie die elders al voor GGD-medewerkers gemakkelijk te vinden is, zoals in het Handboek Binnenmilieu 2007.⁷ Om praktische redenen zijn de aanbevelingen alleen op basisscholen gericht. De meeste punten kunnen echter ook op scholen van het voortgezet onderwijs toegepast worden.

1.5 Leeswijzer

Het informatieblad begint met de introductie in hoofdstuk twee van een aantal bouwkundige en technische begrippen die bij de lezer mogelijk onbekend zijn. In hoofdstuk drie is aangegeven wat het belang is van een integrale aanpak van het bouwproces om te komen tot een goed binnenmilieu. In de daaropvolgende hoofdstukken worden per binnenmilieuaspect een aantal aanbevelingen gedaan voor het optimaliseren van dit aspect in een nieuw te bouwen school. Deze aanbevelingen kan een GGD-medewerker gebruiken bij de advisering aan schooldirectie en/of -bestuur.

2 Bouwkundige- en technische begrippen

Ademzone

De lucht waaruit de inademingslucht afkomstig is.

Betonkernactivering

Een verwarming/koelingsysteem met een stelsel van buizen horizontaal in de kern van betonnen vloeren. In deze buizen kan warm of koud water lopen. De warmte of kou wordt afgegeven aan het beton waardoor het gebouw verwarmd of gekoeld wordt.

Bypass

Een bypass kan een onderdeel zijn van een WTW-voorziening (zie daar). De bypass zorgt ervoor dat van buiten toegevoerde lucht niet wordt voorverwarmd voordat hij wordt ingeblazen in de binnenruimte. Een bypass is nuttig in tijden dat het binnen te warm is en buiten minder warm.

Capaciteit van een ventilatievoorziening

De hoeveelheid lucht die per tijdseenheid onder standaardcondities kan worden doorgelaten of verplaatst.

Convectie

Warmteoverdracht door luchtstromen.

Detailering

In bouwtekeningen vastgelegde details van het ontwerp.

Energiepalen

Als gebouwen op heipalen worden gebouwd, kunnen speciale palen worden gebruikt om energie in de bodem op te slaan of eraan te onttrekken. Deze energiepalen kunnen dienen om te koelen of te verwarmen.

Fijnregeling

Door fijnregeling zijn ramen in veel verschillende standen open te zetten.

Helderheidwering

Het tegenhouden van direct invallende stralen van de zon, evenals ander fel licht.

Hybride ventilatie

Ventilatiesysteem dat natuurlijke en mechanische ventilatie kan afwisselen.

Inregelen

Het meten en instellen van de juiste lucht- of waterstroom van een systeem. *Luchtzijdig* inregelen is het afstellen van de mechanische luchtafvoer en eventuele toevoer zodanig dat er per ruimte de juiste hoeveelheid lucht wordt afgezogen en eventueel ingeblazen. *Waterzijdig* inregelen is het afstellen van de waterstroom zodanig dat per radiator van een centrale verwarming de juiste hoeveelheid water kan passeren.

Klimaatplafond

Veelal metalen plafond radiator met water, waarmee door middel van straling en convectie kan worden gekoeld of verwarmd.

Leefzone

Het deel van een lokaal dat meer dan 1 m van een buitenwand ligt en meer dan 0,2 m van een binnenwand en tussen 0,1 en 1,8 m boven de vloer.

Maaiveld

Bovenkant van het terrein dat een bouwwerk omgeeft.

Mechanische ventilatie

Toevoer of afvoer van buitenlucht met een ventilator als aandrijfkracht.

Mengventilatie

Binnenkomende verse buitenlucht mengt met de binnenlucht en verdunt de verontreiniging. Binnen de leefzone zijn relatief weinig verschillen in luchtkwaliteit.

Natuurlijke ventilatie

Toevoer of afvoer van buitenlucht via openingen in de buitenschil zonder mechanische aandrijving. Men kan natuurlijk ventileren door middel van ramen en roosters in de buitengevel of door een pijp in het dak.

Overstroomvoorzieningen

Een voorziening voor het overstromen van lucht van de ene naar de andere ruimte, bijvoorbeeld door middel van roosters in de binnenmuur of in de deur naar de gang

Ppm (parts per million)

ppm is de afkorting voor *parts per million*, bijvoorbeeld aantal liters per miljoen liters.

Stooklijn

Aanvoertemperatuur van CV-water, die wordt bijgesteld afhankelijk van de buitentemperatuur.

Suskast

Een ventilatierooster met een ombouw van isolerend materiaal om weinig geluid door te laten maar wel verse lucht.

Thermisch actieve massa

(Zware) bouwmaterialen die zodanig contact hebben met de binnenlucht dat ze warmte kunnen opnemen en afgeven.

Veegpulsschakeling

Schakeling in de verlichtingsinstallatie van gebouwen die op zelfgekozen vaste tijden de verlichting uitschakelt. Gebruikers die daarna de verlichting willen aan doen, moeten hem zelf inschakelen.

Verblijfsruimte

Een besloten ruimte waarin mensen verblijven en waarin kenmerkende activiteiten plaatsvinden, bijvoorbeeld een klaslokaal voor lessen.

Verdringingsventilatie

Het verplaatsen van verontreinigde lucht zonder dat vermenging optreedt met schone lucht.

Wandverwarming/wandkoeling

Een leidingnet wordt opgenomen in de wand of in het wandoppervlak. Door dit leidingnet kan warm of koud water lopen. Energie kan worden uitgewisseld met de ruimten aan één of twee zijden.

Warmtepomp

Een apparaat voor het opwekken van temperatuurverschil. Het apparaat kan zowel koelen als verwarmen. Warmtepompen hebben een hoog rendement. Ze halen warmte uit grond- of oppervlaktewater, buitenlucht of ventilatielucht.

Warmteterugwinning (WTW)

WTW kan worden toegepast bij mechanische ventilatie met een warmtewisselaar. De lucht die wordt afgezogen uit de binnenruimtes geeft warmte af aan de ingeblazen buitenlucht. De toevoer- en afvoerlucht moeten geheel gescheiden blijven om verontreiniging te voorkomen.

Warmtewisselaar

Een warmtewisselaar is een apparaat dat warmte van de afgevoerde lucht overdraagt aan de toegevoerde lucht, bijvoorbeeld door tegen elkaar gelegen kanalen met een tegengestelde stroomrichting. Een *warmtewiel* is een soort warmtewisselaar dat wordt opgewarmd door afgevoerde ventilatielucht en dat langzaam draait om de toegevoerde buitenlucht op te warmen.

Zelfregelende winddrukafhankelijke toevoer

Deze roosters zorgen ervoor dat de luchtstroom door de roosters gelijk blijft bij verschillende windsterktes.

(Zomer)nachtventilatie

Een inbraakveilige ruime ventilatie die op gang komt als de binnentemperatuur te hoog is en hoger dan de buitentemperatuur. Bij warm weer is de buitentemperatuur vaak pas in de loop van de avond of nacht zover gedaald dat de buitenlucht bruikbaar is om een gebouw te koelen. Dit speelt vooral een rol in de zomer, maar het kan ook in voor- en najaar voorkomen.

3 Integraal bouwen

Voor een goed binnenmilieu in een nieuw te bouwen school is een integrale aanpak van belang. Hieronder wordt verstaan dat alle partijen in een bouwteam samenwerken aan het beoogde doel. Alle aspecten die meespelen in het bouwproces worden meteen meegenomen om te komen tot een samenhangend bouwwerk. Hierbij vormen installaties en gebouw één geheel. De volgende punten verdienen hierbij de aandacht.

Een goed samengesteld bouwteam

Een multidisciplinaire samenstelling van het bouwteam met opdrachtgever, architect, bouwfysicus, installateur, eindgebruikers, gemeenten en GGD kan leiden tot meerwaarde. De kansen ontstaan doordat betrokkenen en belanghebbenden van het begin af hun visie en ideeën aan elkaar kunnen voorleggen. Zo kan een kwalitatief beter gebouw tot stand komen.

Vaststellen van een ambitieniveau

De opdrachtgever heeft een duidelijk ambitieniveau voor ogen met betrekking tot het binnenmilieu en het energiegebruik. Hierbij kan de GGD als adviseur dienen. Dit ambitieniveau wordt vastgelegd in het Programma van Eisen. De opdrachtgever stelt op basis van het te realiseren ambitieniveau geld beschikbaar. De ontwerpers moeten affiniteit hebben met het ambitieniveau en dit vast willen houden tijdens het traject van ontwerp en uitvoering.

Bij de aanbesteding letten op kwaliteit

In de praktijk ligt bij de aanbesteding de nadruk vaak op prijs/kwantiteit en niet op kwaliteit. Dit kan een belemmering vormen voor het behalen van het gestelde ambitieniveau. Op kwaliteit gerichte eisen en oplossingen bieden meer kans op een geslaagd gebouw.

Beheers- en exploitatiefase meenemen in een investering

Bij een investeringsbegroting voor een nieuwbouwplan worden de exploitatiekosten (schoonmaakactiviteiten, energiegebruik, beheer en onderhoud) van het gebouw vaak niet of nauwelijks meegenomen. Daarnaast wordt de mogelijke productiviteitswinst als gevolg van een investering in het binnenmilieu ook niet verdisconteerd. Als al deze aspecten meegenomen zouden worden in de begroting, zou een betere kosten-baten analyse gemaakt kunnen worden van de investeringen in een gezond binnenmilieu.

Actieve invulling van beheer en onderhoud

Er is een actief beheer en onderhoud nodig om de installaties goed te laten functioneren en het gebouw gezond te houden. Door deze actieve invulling van beheer en onderhoud kan de kwaliteit van het binnenmilieu op peil worden gehouden. Dit is ook gunstig voor het energiegebruik.

Bewuste invulling geven aan het verwachtingsbeeld

Het is van belang om transparant te zijn tegenover de betrokken partijen, zodat zij geen vertekend verwachtingspatroon ontwikkelen. Het is van belang de gebruikers actief te betrekken bij het ontwerp en de uitvoering.

4 Binnenluchtkwaliteit

De binnenluchtkwaliteit is afhankelijk van de kwaliteit van de buitenlucht en van de verhouding tussen emissies binnen en ventilatie. In dit hoofdstuk worden eerst de toetswaarden voor ventilatie in scholen beschreven. Een aantal uitgangspunten voor een goede ventilatie wordt dan behandeld, gevolgd door een omschrijving van twee ventilatieprincipes. Vervolgens wordt een aantal ventilatiesystemen en de mogelijkheden om deze systemen aan te sturen omschreven. Ten slotte worden aanbevelingen gedaan om te zorgen voor een goede binnenluchtkwaliteit.

4.1 Toetswaarden voor ventilatie van scholen

De toetswaarden voor ventilatie zijn gebaseerd op de CO₂-concentratie in een klaslokaal. Deze is een goede maat voor de ventilatie per persoon.⁸

- Het voormalig Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM) van GGD Nederland heeft gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie in scholen opgesteld.⁹ Voor een goede ventilatie dient de CO₂-concentratie in een nieuw klaslokaal bij volle bezetting (ongeveer 32 leerlingen in één klaslokaal) onder de streefwaarde van 800 ppm CO₂ te blijven, als het gehalte buiten ca. 400 ppm CO₂ is. Bij lage bezetting (ongeveer 20 leerlingen) van een klaslokaal is de streefwaarde 650 ppm CO₂.
- De capaciteitseisen voor ventilatievoorzieningen uit het Bouwbesluit 2003 voor nieuwbouw gaan uit van een maximale CO₂-concentratie van 1200 ppm. Het LCM is in haar toetswaarden bewust hiervan afgeweken.¹⁰
- In het advies van de Gezondheidsraad uit 2010 over de binnenluchtkwaliteit van basisscholen vindt de commissie op basis van de beschikbare gegevens dat een CO₂-toetswaarde voor luchtverversing in klaslokalen kan liggen in een betrekkelijk ruim gebied rond 1200 ppm.⁸ Volgens de commissie hebben de gegevens echter onvoldoende zeggingskracht om een wetenschappelijk onderbouwde toetswaarde voor CO₂ aan te geven. De commissie ziet daarom geen reden om af te wijken van een CO₂-concentratie van 1200 ppm, die als grondslag dient voor de ventilatie-eisen in het Bouwbesluit. Zij geeft wel aan dat dit betekent dat er kinderen zullen zijn die enige geurhinder ervaren bij het binnengaan van de klas en dat een gevoelig kind een nadelig effect kan ondervinden. De commissie vindt dat door een toename van de ventilatie de blootstelling aan bepaalde ziektekiemen en allergenen zal verminderen en daarmee zal ook de kans op nadelige gezondheidseffecten verminderen.⁸

4.2 Uitgangspunten voor een goede ventilatie

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd als basisvoorwaarden voor een goede ventilatie:

- Er is een drijvende kracht nodig om de vereiste luchtstroom te garanderen onder alle weersomstandigheden.
- Er is een spreiding nodig van de toevoer van onverwarmde buitenlucht om tocht te voorkomen.
- Voorzieningen voor luchttoevoer (bijvoorbeeld toevoerroosters) worden zo gekozen en uitgevoerd dat zij de luchtkwaliteit zo min mogelijk nadelig kunnen beïnvloeden.
- De ventilatie is zo min mogelijk afhankelijk van het gebruikersgedrag. De ventilatievoorzieningen zijn zoveel mogelijk automatisch aangestuurd.

- Ventilatievoorzieningen dienen ook om warmte af te voeren uit schoolgebouwen zonder koeling. Voor het afvoeren van warmte tijdens lesuren is veel ventilatiecapaciteit nodig. In veel gevallen is ook 's nachts ventilatie nodig om cumulatie van warmte te beperken. Dit speelt zich meestal af in de zomer. Een dergelijke (zomer)nachtventilatie kan effect hebben op de keuze van het ventilatiesysteem.

4.3 Ventilatieprincipes

Mengventilatie oftewel verdunningsventilatie is een veel toegepast ventilatieprincipe.

Binnenkomende verse lucht mengt met de binnenlucht en verdunt de verontreiniging. Binnen de leefzone zijn relatief weinig verschillen in luchtkwaliteit.

Bij verdringingsventilatie wordt verontreinigde lucht verplaatst zonder dat vermenging optreedt met schone lucht. Verdringingsventilatie is efficiënter dan mengventilatie en kan dezelfde luchtkwaliteit in de ademzone behalen met 30% minder ventilatie. Dit type ventilatie wordt echter weinig toegepast omdat het moeilijker te realiseren is. In dit hoofdstuk wordt daarom uitgegaan van mengventilatie.

4.4 Ventilatiesystemen

Er zijn vier hoofdsystemen op het gebied van ventilatie. Volledig mechanische ventilatie (mechanische toe- en afvoer), natuurlijke toevoer met mechanische afvoer, mechanische toevoer met natuurlijke afvoer en volledig natuurlijke ventilatie (natuurlijke toe- en afvoer). De voor- en nadelen van deze systemen worden hieronder beschreven met daarbij een aantal aandachtspunten.

4.4.1 Mechanische toevoer, mechanische afvoer

Mechanische toe- en afvoer heeft de volgende voordelen:

- Toepasbaar bij een hoge bezettingsgraad.
- Goede regelbaarheid van luchthoeveelheden.
- Mogelijkheid voor verwarmen en koelen via de ventilatielucht.
- Laag energiegebruik bij toepassing van warmteterugwinning.
- Kleine kans op tocht bij voorverwarming van de toevoerlucht.
- Filtering in toevoer kan concentratie verlagen van buitenluchtverontreinigingen zoals fijn stof.

Er zijn ook een aantal nadelen:

- Mechanische luchttoevoer is gevoeliger voor fouten in ontwerp, materiaalkeuze, aanleg of onderhoud dan natuurlijke luchttoevoer.¹¹
- Veel onderhoud nodig, hoge onderhoudskosten.
- Hoge investeringskosten.
- Kans op hinderlijk geluid (zie 8.1.5).

De volgende aandachtspunten zijn van belang bij dit systeem:

- Toe- en afvoerpunten op relatief ruime afstand van elkaar (in verband met kortsluiting luchtstroom).
- Het inzuigpunt van mechanische ventilatie niet op maaiveld (i.v.m. uitlaatgassen) en niet dicht op het dak (i.v.m. warmte).
- Afvoer kan het beste vanuit het lokaal zelf plaatsvinden, dus niet alleen vanuit de gang.

- Bij warmteterugwinning is het verstandig een bypass toe te passen.
- Zorg voor een goede inregeling.
- Zorg dat bij oplevering metingen gedaan worden om te controleren of de vereiste toe- en afvoer ook echt gehaald worden.

4.4.2 **Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer**

Natuurlijke toevoer met mechanische afvoer heeft de volgende voordelen:

- Hogere waardering van gebruikers voor de luchtkwaliteit in vergelijking met mechanische toevoer.²
- Indien zelfregulerende ventilatieroosters worden toegepast is de ventilatie constanter (onafhankelijker van de winddruk) waardoor minder energieverlies optreedt.
- Kleinere kans op installatie gerelateerde klachten.
- Investerings- en exploitatiekosten van het systeem zijn relatief laag.
- Relatief weinig en eenvoudig onderhoud (schoonmaken van ventilatieroosters met stofzuiger).
- Relatief weinig energiegebruik indien warmte uit retourlucht wordt teruggewonnen door middel van een warmtepomp.

Er zijn ook een aantal nadelen:

- 's Winters kans op tocht.
- Kans op hinderlijk geluid via ventilatieopeningen in de gevel (zie 9.1.3)
- Minder geschikt bij een hoge mate van buitenluchtverontreiniging.

De volgende aandachtspunten zijn van belang bij dit systeem:

- Tocht beperken door voorverwarming en spreiding van de toegevoerde lucht door de toevoervoorzieningen zoveel mogelijk te spreiden over de gehele breedte van de gevel en de luchtstroom zo mogelijk vlak langs het plafond te richten.
- Afzuiging in het lokaal zelf.
- Geluid demping in toevoer indien veel geluid op de gevel.

4.4.3 **Natuurlijke toevoer, natuurlijke afvoer**

Bij weinig wind en geen temperatuurverschil tussen binnen- en buitenlucht is er te weinig ventilatie. Ook voor het niet overschrijden van de GGD-streefwaarde van 800 ppm CO₂ zal natuurlijke toevoer met natuurlijke afvoer vaak niet toereikend zijn. Bij een natuurlijke toevoer is het ook lastig voldoende luchtstroom te realiseren zonder tocht. Belangrijke voorwaarde is daarbij de juiste voorverwarming en spreiding van de toegevoerde lucht in verband met het verminderen van de kans op tocht. Dit vereist een bijzonder ontwerp.

4.4.4 **Mechanische toevoer, natuurlijke afvoer**

Dit is een zeer ongebruikelijke vorm van ventileren en komt in de praktijk niet of nauwelijks voor. Bij deze vorm van ventileren komen de voordelen van beide systemen niet goed tot hun recht. De nadelen hebben de overhand. Om deze reden is deze mogelijkheid niet verder uitgewerkt.

4.4.5 **Hybride ventilatie**

Bij dit systeem worden natuurlijke ventilatie en mechanische ventilatie afgewisseld. Op de momenten dat natuurlijke ventilatie niet voldoende luchtstroom genereert, kan het mechanische systeem een aanvulling geven.

4.5 Aansturing van het ventilatiesysteem

Het ventilatiesysteem kan aangestuurd worden met één of meer van de volgende methoden.

- Aanwezigheidsdetectie. Dit systeem is simpel en goedkoop en stuurt op basis van wel/geen aanwezigheid. Met het aantal aanwezigen wordt geen rekening gehouden. De aansturing kan tekortschieten voor (zomer)nachtventilatie of wanneer extra ventilatie gewenst is (bijvoorbeeld bij bezigheden waarbij verontreinigingen vrij komen).
- CO₂-detectie. Dit systeem stuurt op basis van de CO₂-concentratie in de binnenlucht. De aansturing kan tekortschieten voor (zomer)nachtventilatie of wanneer extra ventilatie gewenst is (bijvoorbeeld bij bezigheden waarbij verontreinigingen vrij komen).
- Winddruk. Dit systeem stuurt op basis van de winddruk op de roosters. Hierdoor is er minder kans op tocht bij windvlagen en veranderend weer.
- Automatische aansturing. Met automatische aansturing wordt de ventilatie volgens een vooraf ingesteld kalender- en klokprogramma gestuurd.
- Manuele aansturing. Met manuele aansturing kan de gebruiker de ventilatie naar wens aansturen. Daartoe behoort o.a. de mogelijkheid om de ventilatie per lokaal tijdelijk in een extra hoge stand te zetten.

4.6 Aanbevelingen voor een goede binnenluchtkwaliteit

4.6.1 Ventilatiecapaciteit

- Maatstaf bij GGD-adviezen zijn de gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie in scholen⁹ (zie 4.1). Dit betekent dat de CO₂-concentratie in een klaslokaal bij volle bezetting (32 leerlingen in één klaslokaal) bij voorkeur onder de GGD-streefwaarde van 800 ppm dient te blijven, als het gehalte buiten ca. 400 ppm CO₂ is. Bij lage bezetting (ongeveer 20 leerlingen) van een klaslokaal is de GGD-streefwaarde 650 ppm. Het behalen van de streefwaarde van 650 ppm CO₂ is met de huidige stand van techniek nog een uitdaging.
- Werkplekken in gangen, nissen en dergelijke dienen ook aan de streefwaarde te voldoen.
- Toe- en afvoer hebben dezelfde capaciteit.
- Per lokaal is CO₂-sturing aanwezig of er is een CO₂-meter aanwezig. Dit laatste betekent meer werk voor de leerkracht.
- Als de afvoer in een andere ruimte zit dan de toevoer dienen er overstroomvoorzieningen aanwezig te zijn. Denk dan aan geluidwering (zie 8.1.3).
- Voor de afvoer van verontreinigingen die vrij komen uit bouw- en inrichtingsmaterialen moet tijdens afwezigheid ook geventileerd worden. Ventilatiesystemen dienen een minimum, veilige nachtstand te hebben van ten minste 3,6 m³/uur/m² (zie NPR-CR 1752^a).¹² Een hogere stand is meestal nodig voor (zomer)nachtventilatie (zie 4.6.2).
- De voorzieningen en sturing zijn geschikt voor (zomer)nachtventilatie op volle capaciteit (zie 4.6.2).
- De ventilatiesystemen worden goed luchtzijdig ingeregeld. Dit is van belang om de mogelijkheden van het ventilatiesysteem optimaal te benutten.

^a Uitgaand van een luchtkwaliteit in categorie A en een laag-emissie gebouw.

4.6.2 (Zomer)nachtventilatie

(Zomer)nachtventilatie is gewenst om cumulatie van warmte te vermijden wanneer overdag niet genoeg gekoeld kan worden om in de ochtend een koele start te maken. Bij de keuze van een mechanisch ventilatiesysteem zal er rekening mee gehouden moeten worden dat de ventilator genoeg capaciteit heeft voor (zomer)nachtventilatie.

- Toe te voeren buitenlucht ca. 2000 m³/uur, tenzij een effectief koelsysteem aanwezig is.¹³
- Zorg bij natuurlijke toevoer dat de toevoeropeningen inbraakveilig zijn, zodat deze 's nachts gebruikt kunnen worden (zie ook 9.1.6).

4.6.3 Spuivoorzieningen

Spuivoorzieningen zullen in elk klaslokaal voldoende aanwezig moeten zijn om in korte tijd veel warme of verontreinigde lucht af te voeren.

- Alle verblijfsruimten bezitten voorzieningen om te spuien.
- Bij één buitengevel: ten minste 6,0 m² te openen ramen of deuren (zie NPR 1090).¹⁴
- Bij twee tegenover elkaar liggende buitengevels, of twee buitengevels die onder een hoek van 90° ten opzicht van elkaar zijn gesitueerd: ten minste 1,5 m² te openen ramen of deuren per gevel (zie NPR 1090).¹⁴

4.6.4 Bedienbaarheid

De bedienbaarheid van ventilatievoorzieningen heeft gevolgen voor hun gebruik.

Gebruiksvriendelijke voorzieningen zullen vaker en beter gebruikt worden.

- Ventilatievoorzieningen moeten per lokaal regelbaar zijn.
- Ramen als ventilatievoorzieningen zijn voorzien van fijnregeling. Ook zijn roosters in meerdere standen te zetten. Duidelijk moet zijn of een rooster geopend is (bijvoorbeeld door middel van een opschrift OPEN/DICHT).
- Hoog in de gevel geplaatste ventilatievoorzieningen zijn gemakkelijk bedienbaar op circa één meter hoogte.
- Het mechanisch ventilatiesysteem is voorzien van CO₂-gestuurde regeling. Hierbij is aan te raden een schakelaar aan te brengen voor maximale ventilatie in de pauzes, tijdens schoonmaak, bij gebruik van sterk geurende lijm en dergelijke.

4.6.5 Kwaliteit toevoerlucht

Het is van belang dat de toevoerlucht van goede kwaliteit is. Voor beoordeling van de luchtkwaliteit buiten, zie de GGD-richtlijn Luchtkwaliteit en Gezondheid.¹⁵ Afhankelijk van de verontreiniging van de buitenlucht kunnen er geschikte filters hiervoor worden gebruikt. Bij een WTW-systeem is een warmtewiel niet de ideale oplossing omdat via het draaiende wiel een deel van de binnenluchtverontreiniging in de toevoerlucht kan komen.

- De in de ruimten ingebrachte ventilatielucht is minimaal net zo schoon als de buitenlucht. Indien er gebruik wordt gemaakt van filters dienen deze minimaal van de kwaliteit te zijn die aanbevolen is in NEN-EN 13779¹⁶ en dienen ze regelmatig schoongemaakt of vervangen te worden zodat ze visueel schoon zijn.
- Bij een WTW-systeem zullen de toevoer en afvoerlucht goed van elkaar gescheiden moeten blijven ter wille van de luchtkwaliteit.
- De vloeren boven een kruipruimte moeten luchtdicht zijn.

4.6.6 Ruimteoppervlakte en ruimtevolumen

Met een groter volume van het klaslokaal blijft de luchtkwaliteit in de leefzone langer goed. Met een groter oppervlak van het klaslokaal kan de afstand tussen de aanwezigen groter zijn (bij hetzelfde aantal leerlingen). De leerlingen hebben dan minder invloed op elkaars luchtkwaliteit.

- Klaslokaal: per leerling $\geq 2,5 \text{ m}^2$ en $\geq 8,5 \text{ m}^3$.

4.6.7 Emissies van apparatuur

Bij verontreinigende apparaten is het van belang dat er een goede afzuiging aanwezig is zodat de verontreinigde lucht niet door de school wordt verspreid. Omdat de afzuiglucht verontreinigd is valt het te overwegen deze rechtstreeks naar buiten te leiden.

- Ruimten voor verontreinigende apparatuur (bijv. printers, kopieerapparaten) staan op onderdruk ten opzichte van de omringende ruimten of de apparaten zijn voorzien van bronafzuiging.

4.6.8 Rook en andere verbrandingsproducten

Verbrandingsproducten kunnen schadelijk zijn voor de gezondheid.

- In het gebouw en op het schoolplein is roken verboden.
- In het gebouw zijn geen open bronnen van vuur.

4.6.9 Toiletten

De sanitaire voorzieningen mogen geen negatief effect hebben op de kwaliteit van de binnenlucht. De afzuiglucht moet daarom rechtstreeks naar buiten worden geleid en niet via een warmtewiel. Via een warmtewiel kan een deel van de verontreiniging in de toevoerlucht komen.

- Alle toiletten zijn voorzien van mechanische afzuiging die een capaciteit heeft van minimaal $50 \text{ m}^3/\text{uur}$ per pot/urinoir.
- De lucht uit de toiletten wordt direct uit deze ruimten naar buiten afgevoerd.
- De toiletruimten worden op onderdruk gehouden ten opzichte van de omliggende ruimten.
- Toiletten zijn goed schoon te maken (zie 6.1.3).

5 Thermisch comfort

Het thermisch comfort is van grote invloed op een aangenaam binnenklimaat. Een behaaglijk binnenklimaat is nodig om op een aangename manier te werken en leren in de school. In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de verschillende soorten installaties en systemen voor warmteopwekking, verwarming en warmteafgifte. Daarna wordt een aantal aanbevelingen gedaan.

5.1 Warmteopwekkingsinstallaties en verwarmingssystemen

Warmteopwekking kan via de volgende installaties/systemen plaatsvinden.

- Hoogrendementsketel (HR ketel)
- Zonneverwarmingsinstallatie
- Warmtepomp (met bodemwarmte of retourlucht als bron)
- Warmtelevering (door collectieve warmteopwekking)

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen 2 type verwarmingssystemen:

- Lage-temperatuurverwarming (LTV)
 - aanvoertemperatuur ≤ 55 °C; retourtemperatuur ≤ 45 °C
- Hoge-temperatuurverwarming (HTV)
 - aanvoertemperatuur 90 °C; retourtemperatuur 70 °C

Met het oog op energiezuinigheid is lage-temperatuurverwarming aan te raden. Lage-temperatuurverwarming is goed te combineren met een warmtepomp, een zonneverwarmingsinstallatie of warmtelevering.

Voorzieningen die geschikt zijn voor LTV zijn in principe geschikt voor koeling.

5.2 Warmteafgiftesystemen

Hieronder staan de voor- en nadelen van een aantal warmteafgiftesystemen.

5.2.1 Radiatoren (LTV of HTV)

- | | |
|------------|---|
| Voordelen: | - Compensatie van koudeval - Stralingswarmte kan behaaglijk zijn - Snel reagerend systeem |
| Nadelen: | - Ruimteverlies - Stoffigheid |

5.2.2 Convectoren (LTV of HTV)

- | | |
|------------|---|
| Voordelen: | - Compensatie van koudeval - Snel reagerend systeem |
| Nadelen: | - Kans op onbehaaglijkheid door hoge luchttemperaturen - Stoffigheid |

5.2.3 Wandverwarming (LTV)

- | | |
|------------|---|
| Voordelen: | - Behaaglijk binnenklimaat - Ruimtelijke winst doordat het systeem in de wand is opgenomen |
|------------|---|

- Energiezuinig systeem
 - Goed te combineren met andere afgiftesystemen (bijv. vloerverwarming)
- Nadelen:
- Beperking flexibiliteit wanden en indeelbaarheid van de ruimten
 - Beperken meubels langs de wand
 - Extra energieverliezen bij gebruik in gevels
 - Traag reagerend systeem
 - Aanvullende verwarmingsvoorzieningen nodig
 - Extra aandacht nodig voor ontwerp op gebied van ventilatie

5.2.4 Vloerverwarming (LTV)

- Voordelen:
- Behaaglijk binnenklimaat
 - Ruimtewinst doordat het systeem in de vloer is opgenomen
 - Energiezuinig systeem
 - Goed te combineren met andere afgiftesystemen
 - Huisstofmijt krijgt op vloeren geen kans doordat de vloer wordt drooggestookt
 - Te gebruiken (in beperkte mate) voor koeling
- Nadelen:
- Traag reagerend systeem
 - Goede vloer- en randisolatie moeten aanwezig zijn
 - Beperkte keuze in vloerbedekking
 - Extra aandacht nodig voor ontwerp op gebied van ventilatie

5.2.5 Betonkernactivering (LTV)

Opwarming of koeling van een vertrek door plafond en vloer.

- Voordelen:
- Energiezuinig systeem
 - Behaaglijk binnenklimaat
 - Ruimtewinst doordat het systeem in vloer/plafond is opgenomen
 - Stabiele ruimtetemperatuur door buffering in grote thermisch actieve massa.
 - Minder aanvullende verwarming of koeling nodig
- Nadelen:
- Traag reagerend systeem
 - Niet per lokaal regelbaar
 - Beton niet afdekken door plafondafwerking (anders belemmering overdracht warmte/koude), dus akoestiek vereist speciale aandacht
 - Extra aandacht nodig voor ontwerp op gebied van ventilatie
 - Niet goed toepasbaar bij onderste of bovenste laag van een gebouw omdat energieverliezen kunnen optreden door uitwisseling van warmte/koude met buiten

5.2.6 Klimaatplafond (LTV)

- Voordelen:
- Snel reagerend systeem
 - Energiezuinig
 - Kan zowel verwarmen als koelen
 - Ruimtewinst
- Nadelen:
- Beperkte overdracht bij verwarmen
 - Extra aandacht nodig voor ontwerp op gebied van ventilatie

5.3 Aanbevelingen

5.3.1 Bedienbaarheid

De centrale verwarming moet goed regelbaar zijn per lokaal. In bijvoorbeeld een lokaal op het zuiden zal het sneller warm zijn (en zal de verwarming minder hard aan hoeven te staan) dan bij een lokaal op het noorden. Er moet een bepaalde basistemperatuur in de school heersen, maar per lokaal moet de leerkracht de temperatuur bij kunnen stellen wegens verschillen in behoefte.

- Op het gezamenlijke verwarmingssysteem zit een week/dagprogramma voor basistemperatuur, met per lokaal de mogelijkheid om de temperatuur bij te kunnen stellen.
- Er zit een regeling voor vakanties op de verwarmingssystemen.
- Op de warmteopwekkingsinstallatie zit een weersafhankelijke regeling (let op de positionering van de sensoren binnen en buiten).
- In elk lokaal is een thermostaat aanwezig. Deze is buiten bereik van kinderen aangebracht en is zonder handleiding te begrijpen.
- Per onderdeel van het warmteafgiftesysteem is een thermostaatknop aanwezig.

5.3.2 Inregeling

Een goede inregeling is van belang voor een optimale verdeling van de warmte.

- Het verwarmingssysteem wordt waterzijdig ingeregeld.
- De stooklijn wordt goed ingesteld (zie bijvoorbeeld ISSO, p.73).³

5.3.3 Afmetingen lokaal

Om tochtklachten te voorkomen is het verstandig de tafels minimaal één meter uit de gevel (met ventilatie- en spuiopeningen) te plaatsen. Dit past bij de wettelijke leefzone. Hoe hoger de luchttoevoer, des te minder kans op tochtklachten.

- Afstand tussen tafels en buitengevel met een ventilatie- of spuiopening is minimaal één meter.
- Hoogte lokaal: ca. 3,5 meter.

5.3.4 Thermisch actieve massa

Een grote thermisch actieve massa zorgt ervoor dat de temperatuur in een gebouw niet te sterk fluctueert onder invloed van een warmte- of koudebron binnen of buiten. Niet-afgedekte zware bouwmaterialen zoals beton en steen creëren een grote thermisch actieve massa.

- Voldoende thermisch actieve massa moet aanwezig zijn, tenminste in de vloer en een wand. Massa van vloerconstructie moet minimaal 250 kg/m^2 bedragen.

5.3.5 Zonwering

Buitenzonwering is effectiever dan binnenzonwering. Bij toepassing van binnenzonwering kan het glas opwarmen waardoor de binnentemperatuur kan oplopen. Buitenzonwering houdt de warmte door zoninstraling beter tegen: de zon schijnt niet op de ruit. Zonwerende beglazing (reflecterend of absorberend) is op zich vaak onvoldoende om opwarming te voorkomen.

- In zonbelaste gevels < 50 % glas.
- Buitenzonwering toepassen bij ramen op het oosten, zuiden en westen. *Of* een dakoverstek met een afschermhoek van minimaal 45° ten opzichte van de onderrand van het venster.
- Verticale schermen (screens) zijn effectief op (noord)oost- en (noord)west-gevel bij lage zonnestand. Let op het niet belemmeren van ventilatievoorzieningen.

- De zonwering mag de ventilatielucht niet opwarmen of belemmeren (een uitvalscherf dat de toevoeropening niet afdekt, is een goede oplossing).
- De zonwering is per lokaal regelbaar door de leerkracht.
- Loofbomen aan oost, zuid- en westkant leveren zonwering en een koele omgeving bij warm weer. Gebruik echter geen stuifmeelrijke bomen (zie 9.1.4).

5.3.6 Isolatie

Thermische isolatie is gunstig voor de binnentemperatuur. Deze houdt de warmte binnen in de winter en buiten in de zomer.

- Gevel goed geïsoleerd en luchtdicht, Rc-waarde buitenwanden ten minste 3,5 m²K/W.
- De isolatiewaarde (Rc-waarde) van het dak is ten minste 5 m²K/W.
- Goed isolerend glas (bijv. HR++ glas), U-waarde glas (incl. kozijn) ten hoogste 1,6 W/m²K.
- De vloeren boven de kruipruimte moeten extra goed geïsoleerd zijn.
- Radiatorfolie achter radiatoren (reflectiescherf).
- Goede naad en kierdichting.

5.3.7 Temperatuur

De temperatuur in een klaslokaal moet niet te hoog zijn. Een hoge temperatuur kan leiden tot een onbehaaglijk gevoel, hoofdpijn en vermoeidheid¹⁷ en kan een nadelig effect hebben op de leerprestaties van kinderen.⁸

- De temperatuur op alle werk- en leerplekken is ten minste 20°C, bij binnenkomst eventueel 18°C.
- Bij een buitentemperatuur < 20°C is de maximum binnentemperatuur 22°C.
- Bij een buitentemperatuur > 20°C is de maximum binnentemperatuur 2°C boven de buitentemperatuur met als maximale binnentemperatuur 26°C.
- De vloertemperatuur in de winter is tussen de 19°C en 26°C.
- In ruimtes waar vaak kinderen op de vloer zitten (groep 1, 2 en speellokalen) is de vloertemperatuur minimaal 22°C.
- Voorkom koudeval door verwarmingslichamen onder roosters of raamopeningen te plaatsen.
- Verticaal luchttemperatuurverschil < 2°C (d.w.z. maximaal 2°C verschil tussen enkel- en hoofdhoogte).

5.3.8 Luchtsnelheid

Om de kans op tocht te beperken dienen de luchtsnelheden niet te hoog te zijn. Bij voorverwarming is het te overwegen om die op basis van warmteterugwinning uit te voeren met het oog op energiezuinigheid.

- De luchtsnelheid in de zomer is, bij gesloten ramen, in de leefzone ≤ 0,16 m/s.
- De luchtsnelheid in de winter is, bij gesloten ramen, in de leefzone ≤ 0,13 m/s.
- De luchttoevoer dient te worden ontworpen op een minimaal tocht risico. Sterk gespreide toevoer die onafhankelijk is van de winddruk, dan wel mechanische toevoer met een zeer goede luchtdistributie of voorverwarming zijn mogelijkheden.

5.3.9 Koeling

In een goed geïsoleerd schoolgebouw is vaker koeling nodig dan verwarming. Personen, computers en beamers zijn (tamelijk sterke) warmtebronnen. Besteed extra aandacht aan de temperatuur van een computerruimte. Vaak worden ontwerpcriteria voor temperatuur gekozen die

te verwachten overschrijdingen gedurende een percentage van de tijd toestaan. Het is aan te raden om te kiezen voor striktere ontwerpcriteria om lesuitval of ineffectief lesgeven te voorkomen.

- Als maximum temperatuur voor de ontwerpberekening wordt 26°C aangehouden.
- Om de behoefte aan koeling te beperken wordt de hoeveelheid interne warmtebronnen (bijv. apparatuur) beperkt.
- Koelplafond/klimaatplafond of vloer- of wandkoeling, bijvoorbeeld in de vorm van betonkernactivering.
- Intensieve (zomer)nachtventilatie is noodzakelijk om te koelen in warme periodes indien er geen koelsysteem aanwezig is (zie ook 4.6.2 en 9.1.6).
- Spuivoorzieningen zijn vaak nodig om te warme lucht snel af te voeren of om de luchtsnelheid te vergroten bij heet weer.
- Een eventueel WTW-systeem moet zichzelf uitschakelen wanneer het binnen te warm is.

6 Materialen, schoonmaak en onderhoud

Voor een goed binnenmilieu zijn schoonmaak en onderhoud van groot belang. Hoe meer hierop wordt geanticipeerd in het ontwerp, des te beperkter de inspanning hoeft te zijn om de hygiëne op peil te houden.

6.1 Aanbevelingen

6.1.1 Bouw, afwerk en inrichtingsmateriaal

- Materialen tijdens de bouw volgens voorschriften opslaan en verwerken (droog en schoon houden).
- Onderhoudsarme materialen kiezen.
- Geen geurende materialen kiezen.
- Wanden glad afwerken.
- Formaldehydearm spaanplaat of houtvezelplaat kiezen met CE-markering, klasse E1.
- Minimaliseer de toepassing en het gebruik van materialen waaruit weekmakers vrijkomen.⁸

6.1.2 Oplevering

Bouwmaterialen zoals beton zijn voldoende droog voordat men de vloeren en dergelijke afwerkt. Dat voorkomt negatieve effecten op het binnenmilieu door insluiting van vocht en aantasting van de egaliseer- en inrichtingsmaterialen, zoals vloerbedekking. Na het verven en inrichten dient er, voor oplevering, voldoende geventileerd te worden om het gehalte aan vluchtige stoffen in de binnenlucht te beperken. Bij de oplevering van het schoolgebouw dienen adequate gebruiks- en schoonmaakvoorschriften te worden overhandigd aan de school.

- Goede schriftelijke aanwijzingen voor gebruik en schoonmaak.
- Gebouw goed laten drogen en 'uitdampen' voorafgaande aan de inrichting en ingebruikname.
- Ventileer voorafgaand aan gebruik zodanig dat de geur van verf of inrichtingsmaterialen amper meer is waar te nemen.

6.1.3 Inrichting en schoonmaak

Hoe gemakkelijker schoonmaakbaar de inrichting, des te schoner bij dezelfde inspanning.

- De inrichting is goed schoon te maken, bijvoorbeeld volgens de checklists van de Ondernemersorganisatie Schoonmaak- en Bedrijfsdiensten en de Vereniging Schoonmaak Research.¹⁸
- Bij buitendeuren is een schoonloopzone aanwezig van minimaal 1,5 meter.
- Egale, antistatische, geurarme en goed schoonmaakbare vloer.
- Bij voorkeur geen raambekleding, anders gladde of heet wasbare raambekleding.
- Inloopkasten of afsluitbare kasten.
- De toiletten zijn goed schoon te maken. De closetten/urinoirs zijn hangend uitgevoerd.
- Vloeren, wanden, voegen en naden (tot min. 70 cm hoogte) zijn dusdanig uitgevoerd dat vocht niet in het materiaal kan trekken.
- De volgende zaken zijn goed schoonmaakbaar en onderhoudsvriendelijk:
 - Meubilair

- Ventilatievoorzieningen (inclusief roosters, suskasten, ventielen, kanalen en filters)
- Verwarmingsystemen

6.1.4 Detaillering van het lokaal

Een goede detaillering betekent een ontwerp met zo weinig mogelijk richeltjes en hoekjes omdat die niet gemakkelijk schoon te maken zijn.

- De detaillering bevordert geen aanhechting en/of ophoping van stof, vuil, vocht en dergelijke.
- Luchttoevoercomponenten in de ventilatievoorzieningen zijn goed bereikbaar voor schoonmaak en onderhoud, bijvoorbeeld eenvoudig uitneembaar (demontabel) en alleen op de juiste wijze terug te plaatsen.

6.1.5 Onderhoud

Onderhoud betekent de kwaliteit op peil houden. Reiniging is ook op te vatten als een vorm van onderhoud. Goede contracten met een onderhoudsbedrijf zijn hierbij van groot belang.

- Neem in het bestek op dat het installatiebedrijf het klimaatsysteem in het eerste jaar regelmatig reinigt en elk jaar het systeem opnieuw doormeet en inregelt.
- Contractueel vastleggen van een zodanig onderhoud en reiniging van het klimaatsysteem dat bepaalde prestaties geleverd worden.

7 Visueel comfort

Daglicht en uitzicht zijn gunstig voor het welbevinden. Blootstelling aan daglicht kan de leerprestaties verbeteren¹⁹ en uitzicht op groen blijkt een positieve invloed te hebben op onder meer concentratie, zelfdiscipline en stress.²⁰ Te weinig of te veel licht kan storend zijn voor het leerproces en belastend voor de leerkracht.

7.1 Aanbevelingen

7.1.1 Daglicht

In het klaslokaal moet voldoende daglicht toe kunnen treden. De daglichttoetreding moet goed regelbaar zijn zodat de hoeveelheid daglicht die binnentreedt kan worden afgesteld op de gebruikersbehoefte. Voor de daglichttoetreding in de gang kunnen daklichten worden toegepast. Deze daklichten kunnen aan de zijkant ventilatievoorzieningen hebben. Houdt rekening met diverse functies van de gang.

Bij het ontwerp zal er rekening mee gehouden moeten worden dat er geen reflecties of direct zonlicht op beeldschermen en digitale schoolborden terecht komen. Aanvullende voorzieningen kunnen worden getroffen om de leesbaarheid van de schermen te bevorderen. Denk hierbij aan een functionele nis en/of helderheidwering in de vorm van verticale lamellen.

- In elk lokaal moet direct daglicht toetreden.
- De hoeveelheid daglicht die naar binnen valt moet per lokaal kunnen worden geregeld. Dit kan door middel van helderheidwering, bijvoorbeeld screens of lamellen.
- Geen reflecties of direct zonlicht op het digitale schoolbord.
- Opstelruimte voor beeldschermen, zowel voor leerkrachten als leerlingen, haaks op de ramen om hinderlijke reflecties of tegenlicht te voorkomen.

7.1.2 Kunstlicht

Kunstverlichting is een aanvulling op het daglicht dat in het lokaal toetreedt. De kunstverlichting moet per lokaal in secties te regelen zijn.

- Kunstverlichting in de vorm van hoogfrequente TL verlichting met spiegeloptiek en optimale afschermhoek.
- De kunstverlichting is in het lokaal regelbaar in verschillende secties parallel aan de ramen en een aparte sectie bij het bord.
- De kunstverlichting is daglichtafhankelijk geregeld (om energie te besparen).
- Op de werkplek voor volwassenen zijn persoonlijke voorzieningen voor taakverlichting aanwezig (bijvoorbeeld een bureaulamp).
- Op het kunstlicht is een veegpulsschakeling aanwezig.

7.1.3 Uitzicht

- De borstwering moet het liefst lager zijn dan de ooghoogte van de leerlingen.

8 Akoestisch comfort

Een laag niveau van achtergrondgeluid is ook een aspect van een goed binnenmilieu. Het geluidniveau in een klaslokaal hangt af van de geluidsterkte van de bronnen in het lokaal en de akoestiek (met name de galm) van dat lokaal; ook bronnen buiten het lokaal kunnen bijdragen aan het achtergrondgeluid. Geluid van buiten het klaslokaal is op te delen in luchtgeluid en contactgeluid. Luchtgeluid is geluid dat zich door de lucht voortgeplant. Er is sprake van contactgeluid wanneer de geluidvoortplanting eerst door een constructie wordt doorgegeven. Deze constructie zal de trilling als luchtgeluid weer afgeven. Een voorbeeld van luchtgeluid in een school zijn de tonen die ontstaan bij een muzikles. Een voorbeeld van contactgeluid is het gedreun van voetstappen in een ander lokaal. Geluid kan het leerproces verstoren en de leerkracht extra belasten.

8.1 Aanbevelingen

8.1.1 Geluid van buiten de school

Zie hoofdstuk 9.

8.1.2 Plafond/zijwanden

In een lokaal moet spraak goed verstaanbaar zijn. Galm moet daarvoor beperkt worden door absorberend materiaal.

- Geluidabsorberend materiaal (per lokaal ca. 50 m²). Dit bijvoorbeeld in de vorm van akoestisch absorberende plafondpanelen of panelen tegen de wanden onder het plafond, behalve rond de leerkracht.
- De nagalmtijd in grote ruimten (bijv. speelzaal of klein gymlokaal) is maximaal 0,5 seconden.
- De nagalmtijd in leslokalen en kantoren is maximaal 0,8 seconden voorafgaand aan het plaatsen van de inrichting en 0,6 seconden daarna.

8.1.3 Luchtgeluid

Door bij het ontwerpen rekening te houden met de verschillende activiteiten in de school en het geluid hiervan, kan de plattegrond gebaseerd worden op productie van en gevoeligheid voor geluid. Om geluidoverdracht via lekken te voorkomen zijn goede aansluitdetails van belang. Ook geluid via de openingen in de fundering (omloopgeluid) is een aandachtspunt.

- Geluidproducerende activiteiten zijn gegroepeerd in een apart deel van het gebouw.
- De luchtgeluidisolatiewaarde ($R'w$) is:
 - Tussen leslokalen en andere verblijfsruimten > 42 dB.
 - Tussen leslokalen en gang > 32 dB.
 - Tussen leslokalen en kantoor > 38 dB.
 - Tussen ruimten waar geluid geproduceerd wordt (bijv. muzieklokaal, speellokaal of gymzaal) en overige verblijfsruimten > 52 dB.
 - Tussen ruimten waar geluid geproduceerd wordt en gang > 32 dB.
- Er zijn geen lekken waardoor geluidoverdracht plaatsvindt.

8.1.4 Contactgeluid

Contactgeluid (door bijv. schuivende stoelen of lopen) kan zorgen voor geluidoverlast via vloeren.

- Voorkom hinderlijk contactgeluid door goede aansluitdetails (van bijv. aansluiting trap aan muur), een zwevende dekvloer en een grote gebouwmassa.

8.1.5 Installatiegeluid

Geluid van installaties kan zeer storend zijn in een klaslokaal. Het is van belang dat de installaties goed worden aangesloten, ontworpen en onderhouden.

- Het geluidniveau in de verblijfsruimten ten gevolge van installaties is maximaal 30 dB(A) en liefst minder dan 25 dB(A).

9 Omgeving

Bij de locatiekeuze van een school zijn luchtverontreiniging, geluid en veiligheid belangrijke aandachtspunten.

9.1 Aanbevelingen

9.1.1 Afstand tot weg

De school moet op voldoende afstand van drukke wegen gebouwd worden. De wettelijke luchtkwaliteitseisen geven geen volledige bescherming tegen gezondheidsschade.²¹

- Situeer de school:
 - Meer dan 300 meter van een snelweg;
 - Meer dan 50 meter van een provinciale weg;
 - Niet direct aan een weg met meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

9.1.2 Geur en risicocontour

Het kiezen van een optimale locatie voorkomt latere hinder of risico's.

- Niet in geur- of risicocontour van bedrijven

9.1.3 Geluidoverlast

Lawaai van verkeer en industrie kan storend zijn voor het leerproces van de leerling en belastend voor de leerkrachten. Bovendien kan lawaai van buiten het gebruik van natuurlijke ventilatievoorzieningen beperken. Dit geldt ook voor lawaai afkomstig van een speelplein.

- Verkeersgeluid op de gevel < 55 dB(A).
- Wettelijke eis geluidwerendheid van de gevel tijdens het gebruik van de ventilatievoorzieningen ≥ 20 dB(A).
- Te verwachten nieuwe wettelijke eis^b binnengeluidniveau (ten gevolge van buitengeluid) ≤ 35 dB(A); liefst kleiner dan 30 dB(A).
- Geen overlast bij leslokalen door lawaai afkomstig van speelpleinen.

9.1.4 Vegetatie

Nabij stuifmeelrijke bomen, onkruid en grassen bevat de lucht relatief veel stuifmeel. Dit is ongunstig voor mensen met een allergie. Bomen die veel stuifmeel afgeven, zijn vooral berk, cipres (incl. thuja), els, hazelaar, plataan, beuk, ceder, es, eik, jeneverbes, tamme kastanje, taxus.

- Geen stuifmeelrijke bomen, onkruid en grassen op minder dan tien meter afstand van ventilatieopeningen.

^b In de kabinetsvisie binnenmilieu basisscholen staat dat een maximaal geluidniveau van ventilatievoorzieningen in het klaslokaal in de voorschriften van het Bouwbesluit wordt opgenomen en dat binnen een periode van 15 jaar het achtergrondgeluid in elk schoollokaal niet hoger is dan 35 dB(A), noch als gevolg van buitengeluid, noch als gevolg van het mechanische ventilatiesysteem.²²

9.1.5 Opstelruimte van afvalcontainers

Opstelruimte van afvalcontainers op meer dan 5 meter afstand van ventilatieopeningen. Het liefst in een afsluitbare, aparte ruimte buiten het schoolgebouw.

Een vrijstaande berging voor afvalcontainers kan overlast door geur of ongedierte beperken.

9.1.6 Inbraakveiligheid en vandalisme

Voorzieningen voor ruime (zomer)nachtventilatie moeten ongevoelig zijn voor inbraak, vandalisme en inregenen. Om de warmte te lozen en het gebouw te koelen is het af en toe nodig de hele nacht intensief te ventileren. Ramen zijn daarvoor meestal niet bruikbaar wegens onveiligheid.

- Roosters of suskasten met voldoende capaciteit (zie 4.6.2).

9.1.7 Veilige omgeving

De school staat in een veilige omgeving. Een verkeersluwe omgeving met veilige loop- en fietsroutes is gewenst. De kans op verdrinking door oppervlaktewater moet zo klein mogelijk zijn. Bij locatiekeuze en ontwerp rekening houden met:

- Verkeersveiligheid
- Oppervlaktewater
- Veilige groenvoorzieningen (geen giftige bessen, doornen enz.).

Dankwoord

Bij de ontwikkeling van dit instrument zijn deskundigen en gebruikers geraadpleegd.

Speciale dank gaat uit naar:

Mevrouw S. van Buggenum, GGD Zuid Limburg

Mevrouw M. Scholtes, GGD Brabant/Zeeland

Mevrouw N. van Riet, GGD Brabant/Zeeland

Mevrouw T. Habets, GGD Rotterdam-Rijnmond

De heer E. Westerink, Vereniging IWB (Intergemeentelijke werkgroep bouwfysica)

Literatuur

- 1 Meijer G, Duijm F, Hendriks U. Ongezonde lucht in Groninger schoollokalen. Groningen: GGD Groningen; 2006.
- 2 Versteeg H. Onderzoek naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen. Nieuwegein: Lichtveld Buis & Partners; 2007. LBP-rapport: R043156aaA4.hv.
- 3 ISSO. Binnenklimaat scholen. Rotterdam: ISSO; 2008. ISSO-Publicatie 89.
- 4 SenterNovem. Programma van eisen - Frisse scholen. Utrecht: SenterNovem; 2008.
- 5 Riet van N, Duijm F. Gezonde schoolgebouwen, tips voor ontwerp en inrichting; concept. Utrecht: Werkgroep binnenmilieu van de Vakgroep milieu en gezondheid van GGD Nederland; 2007.
- 6 Duijm F. Ontwerp en inrichting van gezonde schoolgebouwen. Groningen: Kenniscentrum Milieu & Gezondheid, GGD'en Groningen, Friesland en Drenthe; 2006.
- 7 Peeters E (redactie). Handboek Binnenmilieu 2007. Utrecht: GGD Nederland; 2007.
- 8 Gezondheidsraad. Binnenluchtkwaliteit in basisscholen. Den Haag: Gezondheidsraad; 2010: 06.
- 9 Landelijk Centrum Medische Milieukunde. Gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie in scholen en kinderdagverblijven. Rotterdam: Landelijk Centrum Medische Milieukunde; 2006.
- 10 Duijm F. Toetswaarden voor ventilatie in scholen en kindercentra. Utrecht: Werkgroep binnenmilieu van de Vakgroep milieu en gezondheid van GGD Nederland; 2006.
- 11 Duijm F, Hady M, van Ginkel J, ten Bolscher GH. Gezondheid en ventilatie in woningen in Vathorst; onderzoek naar de relatie tussen gezondheidsklachten, binnenmilieukwaliteit en woningkenmerken. Amersfoort: GGD Eemland; 2007.
- 12 Nederlands Normalisatie-instituut. NPR-CR 1752: Ventilatie van gebouwen - Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut; 1999.
- 13 Wind H. TNO ventileert scholen via plafond. Bouwwereld 2008; 104 (7).
- 14 Nederlands Normalisatie-instituut. NPR 1090: Ventilatie van schoolgebouwen - Voorbeelden van bouwkundige oplossingen, afgestemd op NEN 1089. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut; 1993.
- 15 Zee SC van der, Walda IC. GGD-richtlijn medische milieukunde. Luchtkwaliteit en gezondheid. Bilthoven: RIVM; 2008. RIVM-rapport 609330008.

- 16 Nederlands Normalisatie-instituut. NEN-EN 13779: Ventilatie voor utiliteitsgebouwen - Prestatie-eisen voor ventilatie- en luchtbehandelingssystemen. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut; 2007.
- 17 Gezondheidsraad. Hittestress op de werkplek. Den Haag: Gezondheidsraad; 2008: 24.
- 18 Ondernemersorganisatie Schoonmaak- & Bedrijfsdiensten (OSB) en de Vereniging Schoonmaak Research (VSR). Naar een schone school. OSB en VSR, 2008.
<http://www.vsr-org.nl/Applications/getObject.asp?FromDB=1&Obj=1001806.pdf>
- 19 Heschong, L. Daylighting in Schools: Reanalysis Report. California: California energy Commission; 2003.
- 20 Gezondheidsraad en Raad voor Ruimtelijk, Milieu- en Natuuronderzoek. Natuur en gezondheid. Invloed van natuur op sociaal, psychisch en lichamelijk welbevinden. Den Haag: Gezondheidsraad; 2004: 09.
- 21 Gezondheidsraad. Advies aan de minister over Gevoelige bestemmingen luchtkwaliteit. Den Haag: Gezondheidsraad; 2008: 09.
- 22 Ministers van VROM, WWI, VWS en de staatssecretaris van OCW. Kabinetsvisie binnenmilieu basisscholen. Brief aan Tweede Kamer (31 200 VIII en 28 089, nr. 152). Den Haag, 15 februari 2008.

