

Auteur

Toine van den Boomen;
technisch adviseur Systemair

Leerprestaties veel beter met meer zuivere lucht

Recent wetenschappelijk onderzoek [1] toont aan dat cognitieve prestaties lineair afnemen bij toenemende CO₂-concentratie. Wat betekent dit voor onze frisse scholen? Hoe verhoudt zich dat met de in Nederland gehanteerde norm uit 1984 van 25 m³/h per persoon? Is het verstandig om de ramen wel openzetten om de lucht extra te verversen? Het inademen van buitenlucht in de stedelijke gebieden staat in 2018 gelijk aan het roken van 6 tot 7 sigaretten per dag. [2] Daarom is het belangrijk om met goede luchtfilters het fijnstof uit de buitenlucht te verwijderen, voordat het in de klaslokalen komt. Aanbevolen wordt om de lucht voor klaslokalen (SUP2) te zuiveren met ePM₁ ≥ 80% (F9) luchtfilters bij de gemiddelde fijnstofconcentratie in Nederland (ODA3).

In 2015 is er onder leiding van de Harvard TH Chan School of Public Health uit Boston, door verschillende samenwerkende universiteiten en hoge scholen een wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd naar de invloeden van het binnenklimaat op cognitieve prestaties van aanwezige personen.

Op 9 verschillende cognitieve deelgebieden werden de prestaties gemeten van de verschillende proefpersonen. Gebieden als 'het opzoeken en verwerken van informatie' maar ook 'het vermogen om te focussen en taakgerichte beslissingen te nemen'. Eigenschappen die met name in het leerproces op school van groot belang zijn.

Hierbij werden 3 verschillende binnenklimaat-situaties nagebootst. Binnenklimaat zoals gerealiseerd door een conventioneel installatie-ontwerp, een groen installatie ontwerp en een groen+ installatie ontwerp. De effecten werden gesimuleerd door de luchthoeveelheid zoveel mogelijk constant te houden en de CO₂ en VOS-concentratie kunstmatig op het peil te brengen dat overeenkomt met, het buitenluchtaandeel, van de verschillende installatie-ontwerpen.



Foto 1: De prestaties van de leerlingen verbeteren als onze scholen worden geventileerd met voldoende schone buitenlucht. Foto: Systemair BV.

Installatie-ontwerp (ehp)	CO ₂ concentratie	Buitenlucht hoeveelheid p.p.
Conventioneel ontwerp	1.400 ppm	22 m ³ /h
Groen ontwerp	950 ppm	34 m ³ /h
Groen+ ontwerp	550 ppm	68 m ³ /h

Tabel 1: Globale kenmerken van de gesimuleerde installatie-ontwerpen.

Belangrijke aspecten van dit onderzoek zijn:

- Proefpersonen waren 'blind' voor het binnenklimaat waarin men verbleef. Men kon dus nergens aan afleiden aan welke luchtconditie men werd blootgesteld.
- De cognitieve prestaties zijn op wetenschappelijke basis gemeten en verwerkt.

De resultaten van dit onderzoek worden samengevat in grafiek: 1.

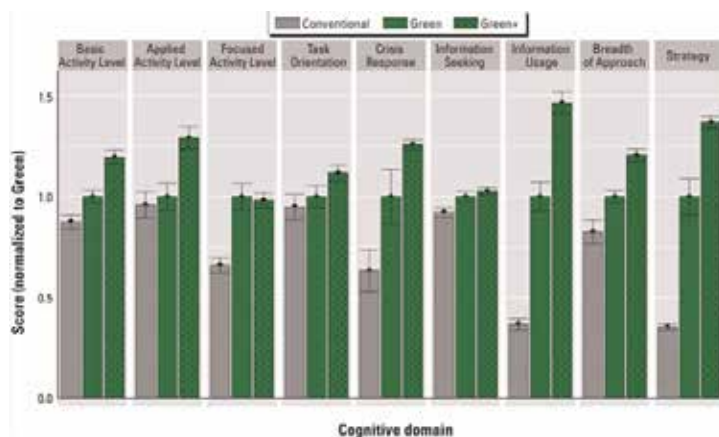


Gemiddeld waren de cognitieve scores circa 60% hoger met het groene ontwerp en circa 100% hoger met het groen+ ontwerp ten opzichte van het conventionele ontwerp. Het onderzoek toont tevens aan dat de gemiddelde cognitieve prestaties lineair afnemen met de toename van de CO₂ concentratie in de binnenlucht. Bij een toename van 400 ppm daalt de leerprestatie met 21%.

Uitademen CO₂ en ventilatiehoeveelheid

Normaal gesproken is er een directe relatie tussen de CO₂-concentratie binnen en het aantal leerlingen in een klaslokaal. Die relatie wordt bepaald door het menselijk metabolisme, het biologische proces van inademen en uitademen.

Bij het ademen verbruikt een gemiddeld mens ongeveer de hoeveelheid zuurstof die in 0,5 m³/h verse lucht aanwezig is. Als deze verse lucht wordt ingeademd met bijvoorbeeld 400 ppm CO₂ dan zal



Figuur 1: Prestaties op 9 verschillende cognitieve gebieden gerelateerd aan binnenlucht kwaliteit.

er circa 100 keer zoveel CO₂ in de uitademing aanwezig zijn, namelijk 40.000 ppm.

Een eenvoudig rekensommetje leert nu dat, bij een buitenlucht CO₂-concentratie van 400 ppm er minimaal een 100-voudige verdunning op moet treden om de binnenluchtconcentratie niet boven de 800 ppm CO₂ uit te laten stijgen. De ventilatiehoeveelheid moet dan dus minimaal $100 \times 0,5 = 50$ m³/h per persoon bedragen.

In de voorgaande norm voor ventilatie voor utiliteitsgebouwen de EN 13779_2007 werden er 4 klassen binnenlucht gedefinieerd (IDA1 t/m IDA4) gerelateerd aan de CO₂-concentratie en de hoeveelheid verse lucht toevoer per persoon.

In de vervangende norm EN16798_2017 is de binnenlucht kwaliteit-klasse veranderd in toevoerlucht klasse (SUP1 t/m SUP5). Deze is namelijk direct door het installatieontwerp te beïnvloeden. Terwijl de IDA van meerdere factoren afhangt zoals menselijk gedrag en bouwkundige aspecten.

Tabel 2: Indoor Air Quality in relatie tot CO₂-concentratie binnen ten opzichte van verse lucht hoeveelheid per persoon.

EN13779 Klasse	Kwaliteit	CO ₂ tov 400 ppm buiten	Verse lucht m ³ /h p.p.
IDA 1	Hoge IAQ	< 800	> 54
IDA 2	Gemiddelde IAQ	1.000 – 800	36-54
IDA 3	Matige IAQ	1.400 – 1.000	22-36
IDA 4	Lage IAQ	>1.400	< 22

Nederlandse norm

In totaal brengen we gemiddeld circa 90% van onze tijd binnen door. Met de bovengenoemde onderzoeksresultaten wordt het dus raadzaam om de Nederlandse norm uit 1984 van 25 m³/h per persoon eens kritisch te bekijken. Deze 'bouwbesluit' norm stamt uit de tijd van de energiecrisis en is aan herziening toe. Met name omdat deze minimale eis vaak als ontwerpnorm wordt gebruikt terwijl hij daar niet voor bedoeld is. Energieverbruik van ventilatiesystemen is sinds 2016 sterk verlaagd vanwege de Europese Ecodesign-wetgeving die de minimale energie efficiency van ventilatiesystemen voorschrijft. Daardoor komt de energie voor ventilatoren dicht in de buurt komt van de benodigde energie voor pompen, zeker bij warmtepompsystemen met relatief kleine temperatuurverschillen.

De ervaring leert dat bij vraag-afhankelijke regeling het energieverbruik van een all-air-systeem (verwarmen, koelen en ventileren met de luchtbehandeling) vergelijkbaar of lager is dan een systeem met leeflucht-ventilatie en naverwarming/nakoeling. De hoeveelheid beschikbare buitenlucht is met all-air veel hoger waardoor de CO₂-concentratie naar verhouding veel lager is dan bij de gangbare systemen met minimale buitenlucht hoeveelheid.

PvE frisse scholen

Met de resultaten van het 'Harvard-onderzoek' kunnen de ventilatie-eisen die genoemd worden in het Programma van Eisen voor frisse scholen [3], gewogen worden naar het te verwachten prestatieniveau. Uitgaande van een referentie van 100% prestatieniveau op het installatie-ontwerp van het groene gebouw, zoals ook in het onderzoek is gebeurd, geeft dit het volgende resultaat (zie tabel 3).

De praktijk leert dat klasse B wordt aangehouden voor de nieuwe scholen die vandaag de dag gebouwd worden. Waarschijnlijk om budgettaire

redenen, maar misschien ook wel omdat we in Nederland eerder voor het gemiddelde kiezen dan voor het beste.

Meer voortschrijdend inzicht komen we tegen in het Programma van Eisen Gezonde kantoren 2018 [4], ontwikkeld door het platform Binnenklimaat. Hierin wordt klasse A (zeer goed) gekenmerkt door een verse luchthoeveelheid van 60 m³/h per persoon. Het haalt nog niet de Groen+ norm van de Amerikaanse gezonde kantoren, maar we zijn op weg. Blijft jammer dat er in Nederland blijkbaar geen echte gezonde kantoren (Klasse A) gebouwd kunnen worden zonder te openen ramen (raamdelen). Individuele beïnvloeding van het binnenklimaat met een boosterknop zoals bij klasse B zou ook bij klasse A een betere oplossing zijn, omdat de binnenlucht dan schoon en gezond blijft. Aanpassing van inzichten die zijn ontstaan naar aanleiding van het Sick Building Syndrom, uit het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw, zouden in dit geval op zijn plaats zijn. Zodat er meer rekening gehouden wordt met de schadelijke gevolgen van het inademen van ongefilterde buitenlucht in de stedelijke omgeving.

Schone lucht

Elk Europees land heeft de verplichting om de buitenluchtkwaliteit te monitoren. In Nederland gebeurt dit door het RIVM en 'real time'-weergave vindt plaats op www.luchtmeetnet.nl. De WHO (World Health Organisation) gebruikt deze waarden om jaargemiddelden te berekenen en verzamelt die in de WHO AAP Database. Maximale grenswaarden van de WHO voor



Installatie- ontwerp	m ³ /h pp	Prestatieniveau	Prestatieniveau	m ³ /h pp	Frisse scholen
			75%	21,6	Klasse C
Conventioneel	22	76%			
			93%	30,6	Klasse B
Groen	34	100%			
			106%	43,6	Klasse A
Groen+	68	121%			

Tabel 3: Resultaten 'Harvard onderzoek' geprojecteerd op PvE frisse scholen.

fijnstofconcentratie is een jaargemiddelde voor $PM_{2,5} \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De kwaliteitsniveaus van de buitenlucht (ODA) voor $PM_{2,5}$ zijn genormeerd op ODA1 $\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ODA2 $\leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ODA3 $> 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De $PM_{2,5}$ waarden in Nederland uit de WHO database voor mei 2016 zijn als volgt (zie tabel 4). In aanmerking genomen dat het autoverkeer rond scholen vaak meer dan gemiddeld is zou men rekening moeten houden met ODA3 als gemiddelde buitenlucht kwaliteit voor scholen in Nederland.

Door de met fijnstof vervuilde buitenlucht is het niet aan te raden om zomaar de ramen open te zetten van de klaslokalen. Beter is het om de verse buitenlucht eerst te zuiveren voordat ze het klaslokaal binnen komt. Hiervoor worden luchtfilters toegepast in de ventilatiesystemen. In het recente vergelijk van vijf schoolventilatie systemen [5] wordt aanbevolen om hiervoor een F9 fijnstof filterkwaliteit te kiezen ($ePM_{10} \geq 80\%$). De $PM_{2,5}$ waarde in de binnenlucht daalt dan tot onder de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wat gezien wordt als een maximale waarde voor scholen en kantoren (SUP2).[6] Optimaal is om in plaats van één F9 sectie, twee F7 ($ePM_{10} \geq 60\%$) filtersecties achter elkaar te kiezen zoals ook de nieuwe norm EN16798 aangeeft.

Foto 2: Bij de bouw van het Revius Lyceum in Doorn heeft Systemair meegedacht over de binnenlucht kwaliteit en heeft het bedrijf de luchtbehandeling en ventilatoren geleverd. Bron: Systemair BV.



Plaats	$PM_{2,5} \mu\text{g}/\text{m}^3$	Plaats	$PM_{2,5} \mu\text{g}/\text{m}^3$
Amsterdam	15,6	Hoofddorp	14,1
Beverwijk	13,1	IJmuiden	15,5
Breda	14,6	Leiden	13,8
De Rijp	13,1	Maassluis	13,5
Den Haag	14,2	Moerdijk	12,2
Dordrecht	15,6	Nijmegen	14,8
Eindhoven	14,8	Rotterdam	14,6
Enschede	13,7	Schiedam	14,8
Groningen	13,1	Utrecht	12,9
Heerlen	16,2	Velsen	16,6
Hilversum	14,5	Wijk aan Zee	15,7
Hoek van Holland	13,4	Zaandam	14,8

Tabel 4: Jaargemiddelde $PM_{2,5}$ in Nederland uit de WHO AAP database mei 2016.



Foto 3: RIVM longtest onderzoek op de Oranje Nassau school in Badhoevedorp

Conclusie

Uiteindelijk is het belangrijk dat de prestaties van de leerlingen verbeteren als onze scholen worden geventileerd met voldoende schone buitenlucht waardoor de CO_2 én fijnstof-concentraties zo laag mogelijk zijn. De 'bouwbesluit norm' uit 1984 is letterlijk niet meer van deze tijd. Zelf het PvE frisse scholen ziet er magertjes uit, kijkend naar de meest recente resultaten uit wetenschappelijk onderzoek. Gezien de resultaten uit dit onderzoek is het, voor bedrijven en instellingen, niet moeilijk om uit te rekenen dat een gezond binnenklimaat met voldoende verse en schone ventilatielucht jaarlijks bijna meer geld oplevert dan dat de eenmalige extra investeringen kosten. Bewustwording hiervan is niet alleen van economisch belang maar zeker ook voor gezondheid en welbevinden van alle mensen die in de gebouwen werken of verblijven. Scholen zullen aanmerkelijk beter presteren en concurreren met een beperkte extra investering in voldoende en gezonde ventilatielucht.

Referenties

1. Environ Health Perspectives; Volume 124 | number 6 | June 2016
2. Prof. Dr. Onno van Schayk (Maastricht University), TV uitzending Radar 15 oktober 2018.
3. PvE frisse scholen; W/E rapport 8802 in opdracht van RVO, februari 2015.
4. Programma van eisen gezonde kantoren 2018 door BBA Binnenmilieu mogelijk gemaakt door TVVL, VLA, RVO, platform duurzame huisvesting en Stichting Promotie Installatietechniek (PIT)
5. Vergelijking van vijf schoolventilatiesystemen; DWA, VLA, Green deal scholen, iov RVO januari 2018
6. Eurovent recommendation 4/23 uit 2018.