

Duco seminar SCOREN MET NATUURLIJKE VENTILATIE - juni 2014

ir. Atze Boerstra, BBA Binnenmilieu / DGMR

# Impact van natuurlijke ventilatie op comfort, gezondheid en productiviteit



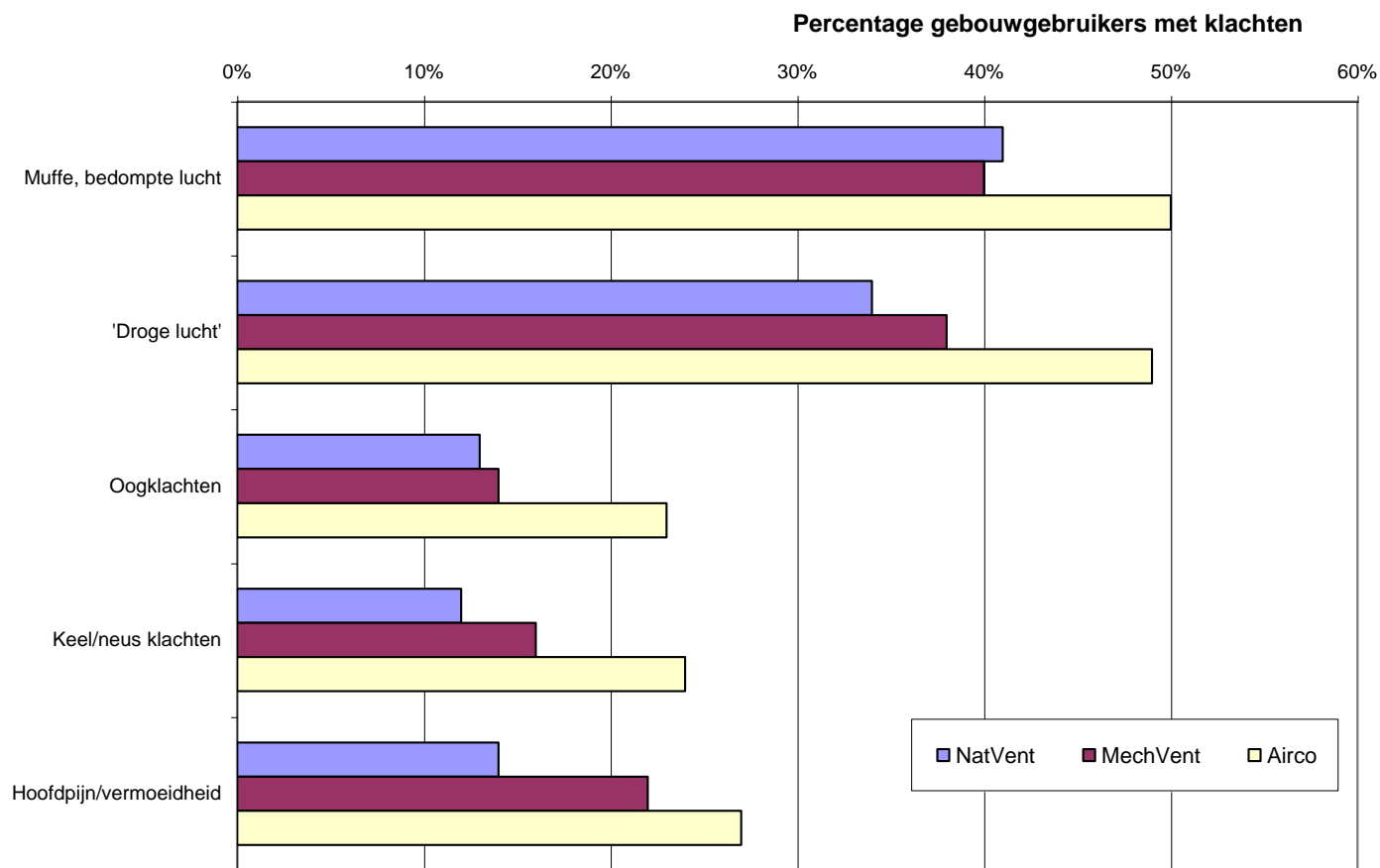
## Opbouw lezing

- Deel A / algemeen:
  - wetenschappelijk onderzoek ventilatie & gezondheid
  - praktijkervaringen
  - sterke punten natuurlijke vs. mechanische ventilatie
- Deel B / voorbeeldproject (school Ammerzoden):
  - beschrijving gebouw en ventilatievoorzieningen
  - meet-uitkomsten
  - enquête-uitkomsten
  - overige bevindingen
- Conclusies

*Nadruk ligt op ventilatie van utiliteitsgebouwen (m.n. kantoren en scholen)*

# DEEL A: ALGEMEEN

# Relatie ventilatietype - gezondheidsklachten kantoorwerkers



Bron: Zweers et al, 1992

# Uitkomsten meta-analyse Noord Amerika + EU

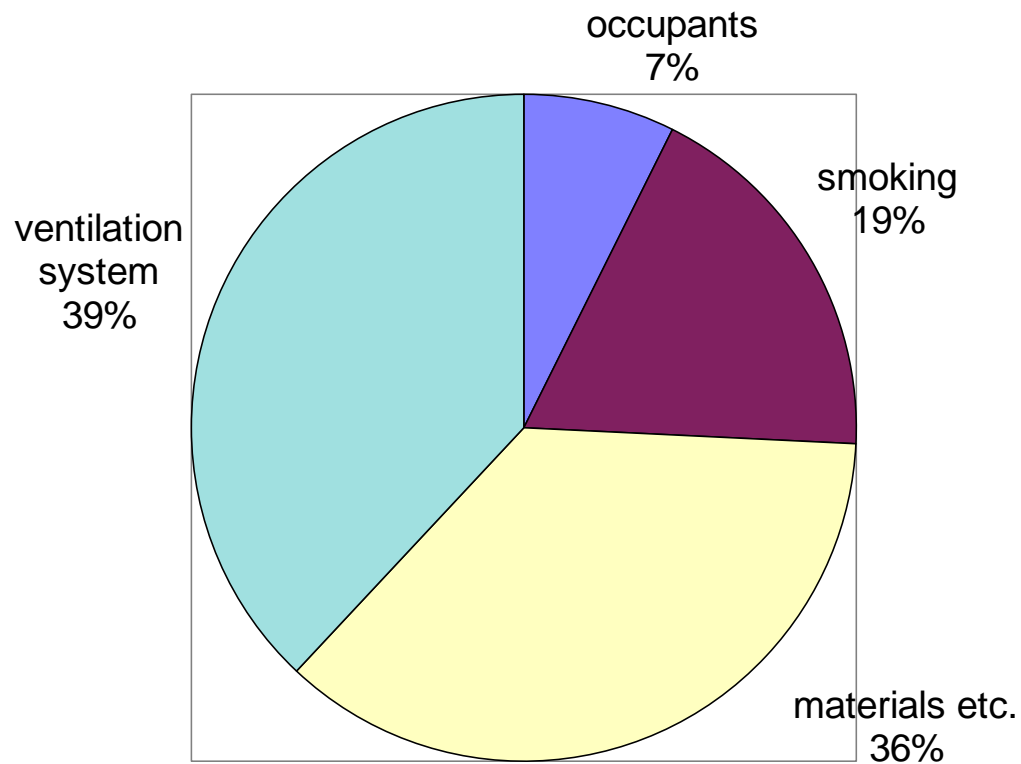
*'Air Conditioning is linked to 30% to 200% increases in SBS Symptoms'*

First Author	Year	No of subjects	Natural Ventilation	AC + No Humid	AC + Steam Humid.	AC + Evap. Humid	AC + Spray Humid
Jaakkola	95	868	○	●			
Mendell	96	710	○	●			
Mendell, Burge	90, 87	1459	○	●			
Mendell, Harrison	90, 87	1044	○	●			
Zweers	92	2806	○	●			
Jaakkola	95	335	○	●	●		
Mendell, Burge	90, 87	863	○	●	●		
Zweers	92	3573	○	●	●		
Jaakkola	95	559	○	●		●	
Teeuw	94	927	○	●		●	
Mendell, Burge	90, 87	1991	○	●		■	
Mendell,	90, 87	787	○	●		■	
Mendell, Harrison	90, 87	2080	○	●		■	
Mendell, Hedge	90, 84	1214	○	●		■	
Zweers	92	3846	○	●			●
Brasche	99		○	■			
Hawkins	91	255	○	▨			

○ = Reference Group   ● = Significantly more symptoms   ▨ = Same #

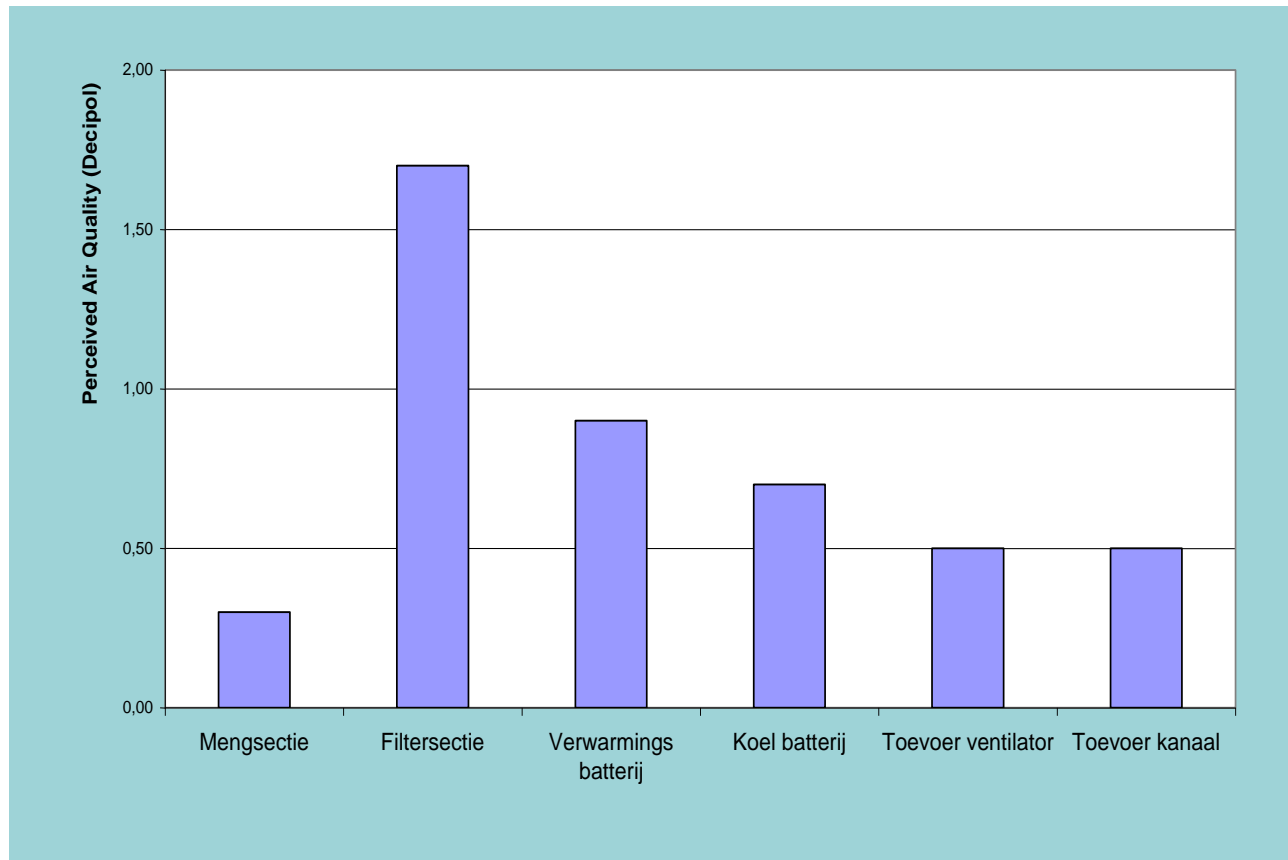
Bron: Seppanen & Fisk, 2002

# Mechanische ventilatiesystemen als verontreinigingsbron



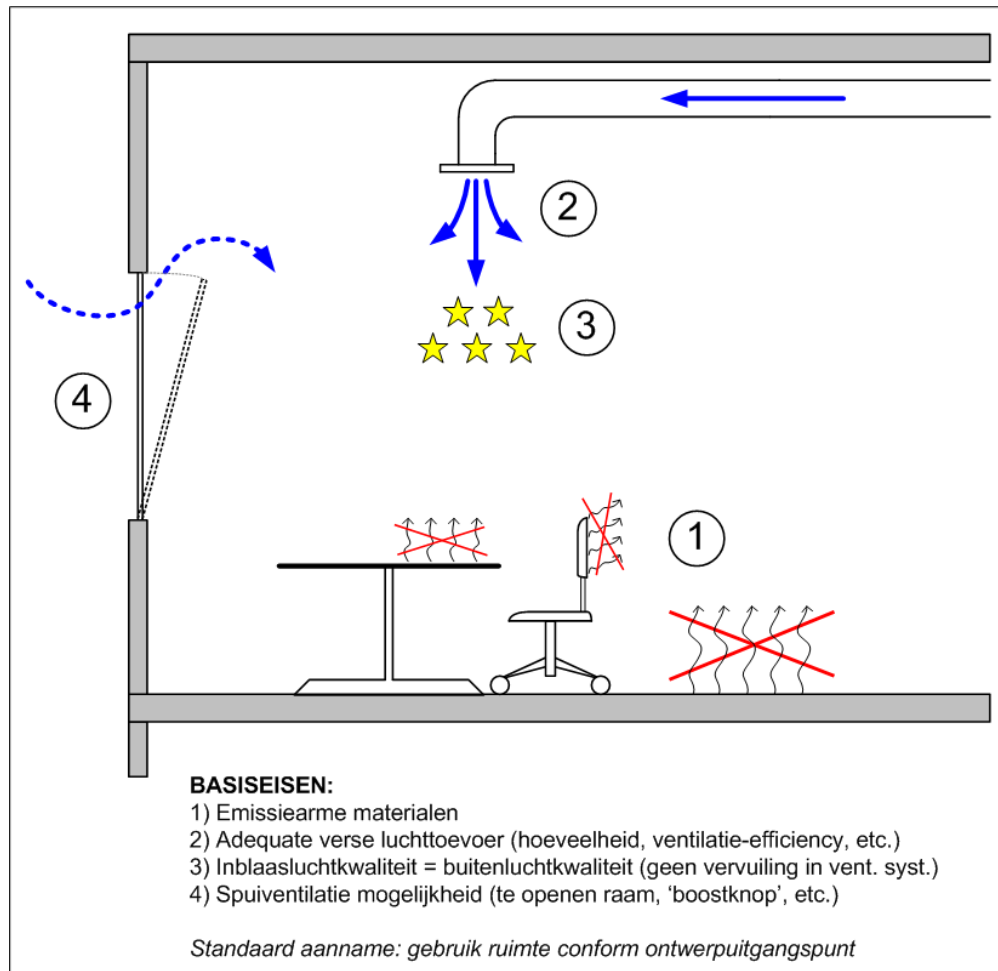
Gebaseerd op: Fanger et al, 1996

## Uitkomsten EU Airless onderzoek



*Bron: Fitzner et al, 2000*

# Randvoorwaarden voor gezonde binnenlucht

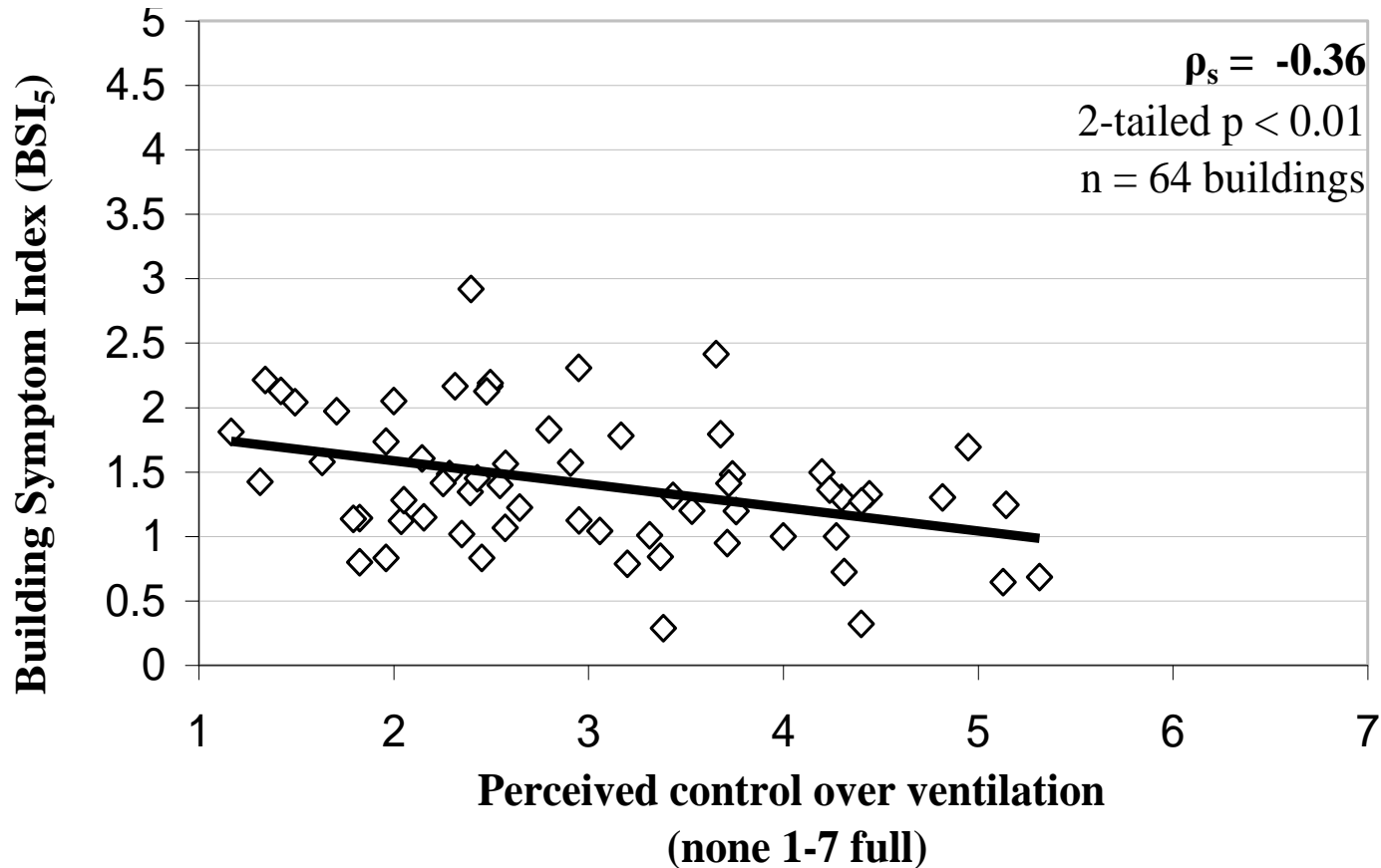




## Quotes internationale binnenmilieu onderzoekers

- Burge, 2004:
  - *‘werknemers in natuurlijk geventileerde kantoren hebben vaak een lager ziekteverzuim dan zij die werkzaam zijn in mechanisch geventileerde kantoren met airconditioning’*
- Roulet et al, 2006 (HOPE study):
  - *‘gemiddeld factor 2 meer ‘sick building’ klachten in kantoren met mechanische i.p.v. natuurlijke luchttoevoer; maar in beide bouwcategorieën goed en slecht scorende voorbeelden’*
- Leijten et al, 2014:
  - *‘tevredenheid met het binnenklimaat wordt voor een belangrijk deel bepaald door de robustness van het ontwerp/gebouw; in natuurlijk geventileerde gebouwen is vaak sprake van betere controlemogelijkheden en dus betere robustness’*

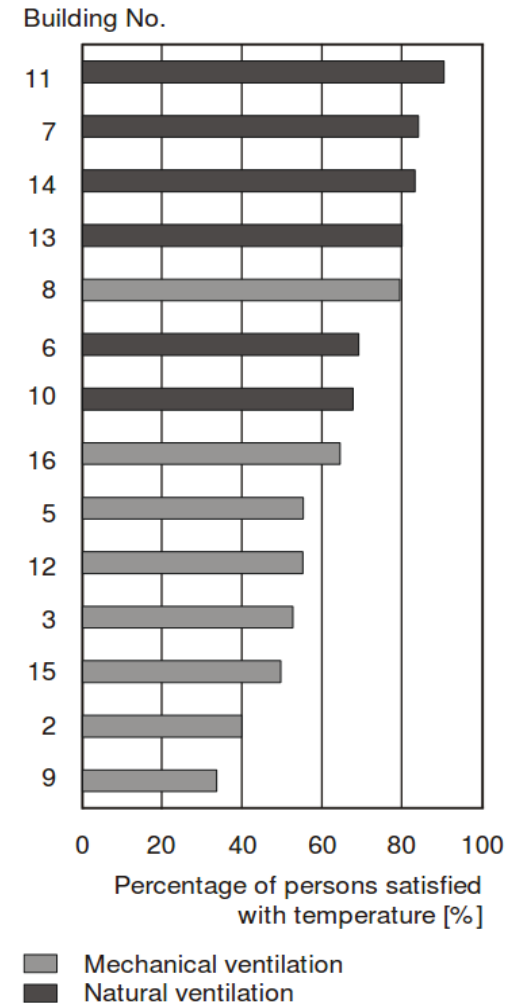
# Ervaren controle over ventilatie & Sick Building klachten



Bron: Boerstra et al, 2013

# Ventilatietype en temperatuurbeleving

- Duits onderzoek TU München in 16 kantoorgebouwen



Bron: Hellwig, 2006

# Onderzoek LBP NL schoolgebouwen

**Tabel 2.2**  
Indeling klaslokaaltypen

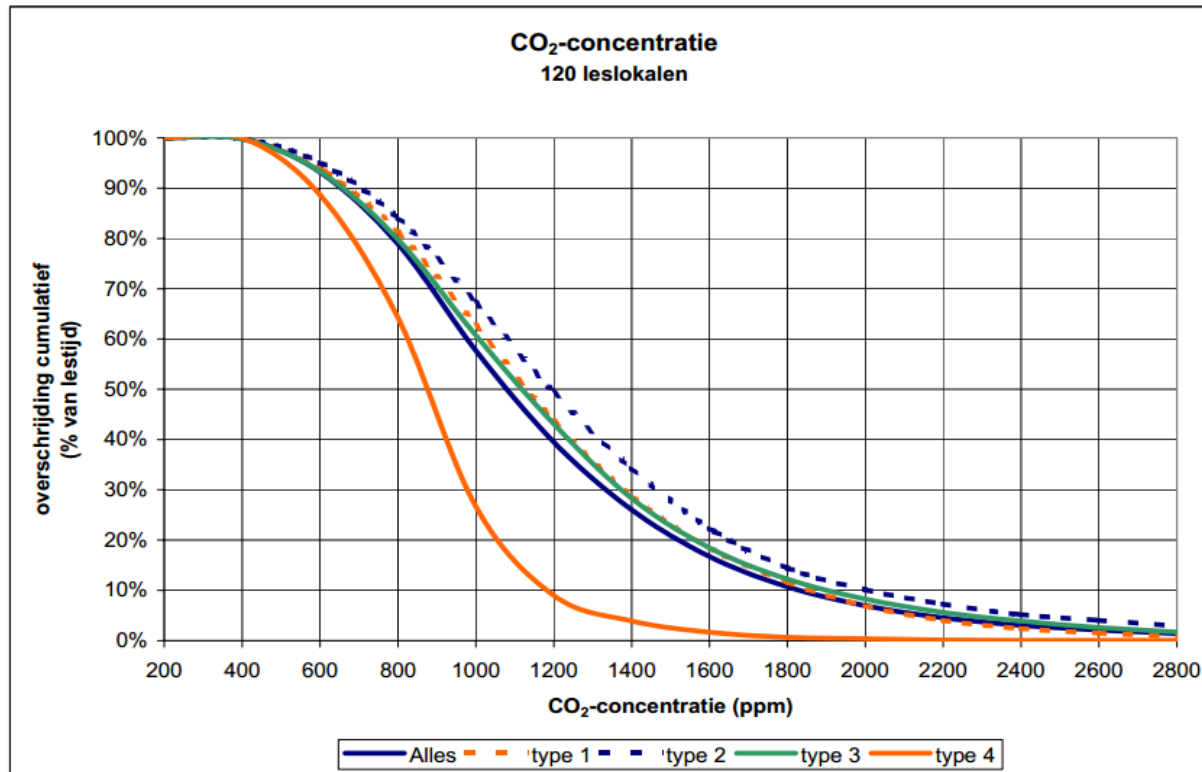
Type	Toevoer	Afvoer	voorkomen in NL (raming LBP)	Voorgenomen aantal leslokalen in steekproef
1	Natuurlijk via klepramen / uitzetramen		40%	30
2	Natuurlijk via ventilatieroosters	natuurlijk	20%	30
3	Natuurlijk via ventilatieroosters	mechanisch	35%	30
4	Mechanisch	mechanisch	5%	30

**Tabel 3.9**  
Resultaten enquête beleving luchtkwaliteit

Vragen	Mogelijkheden keuze	Resultaten				
		Alle	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Hoe beoordeelt u de kwaliteit van de binnenlucht in het leslokaal?	Gemiddeld rapportcijfer	6,0	6,4	5,9	5,9	5,6
Ervaart u de lucht in het lokaal als bedompt en benauwd	Vaak	29%	20%	24%	47%	25%
	Soms	41%	44%	56%	31%	25%
	Nooit	31%	36%	20%	22%	50%

Bron: Versteeg, 2008

# Onderzoek LBP NL schoolgebouwen 1

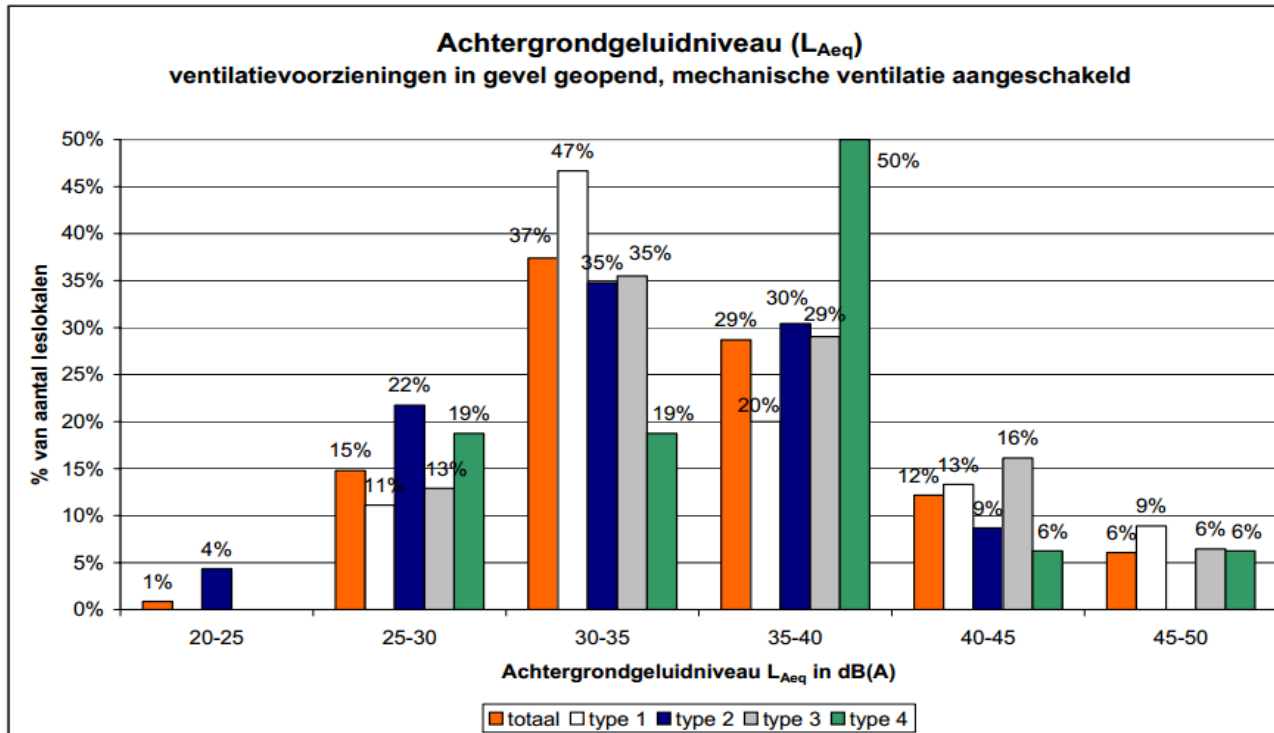


**Figuur 3.5**

Cumulatieve overschrijding (% van lestijd) van de optredende CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens lestijd

Bron: Versteeg, 2008

# Onderzoek LBP NL schoolgebouwen 2



**Figuur 4.1**

Resultaten achtergrondgeluidniveau leslokalen

Ventilatievoorzieningen in gevel geopend, mechanische ventilatie ingeschakeld

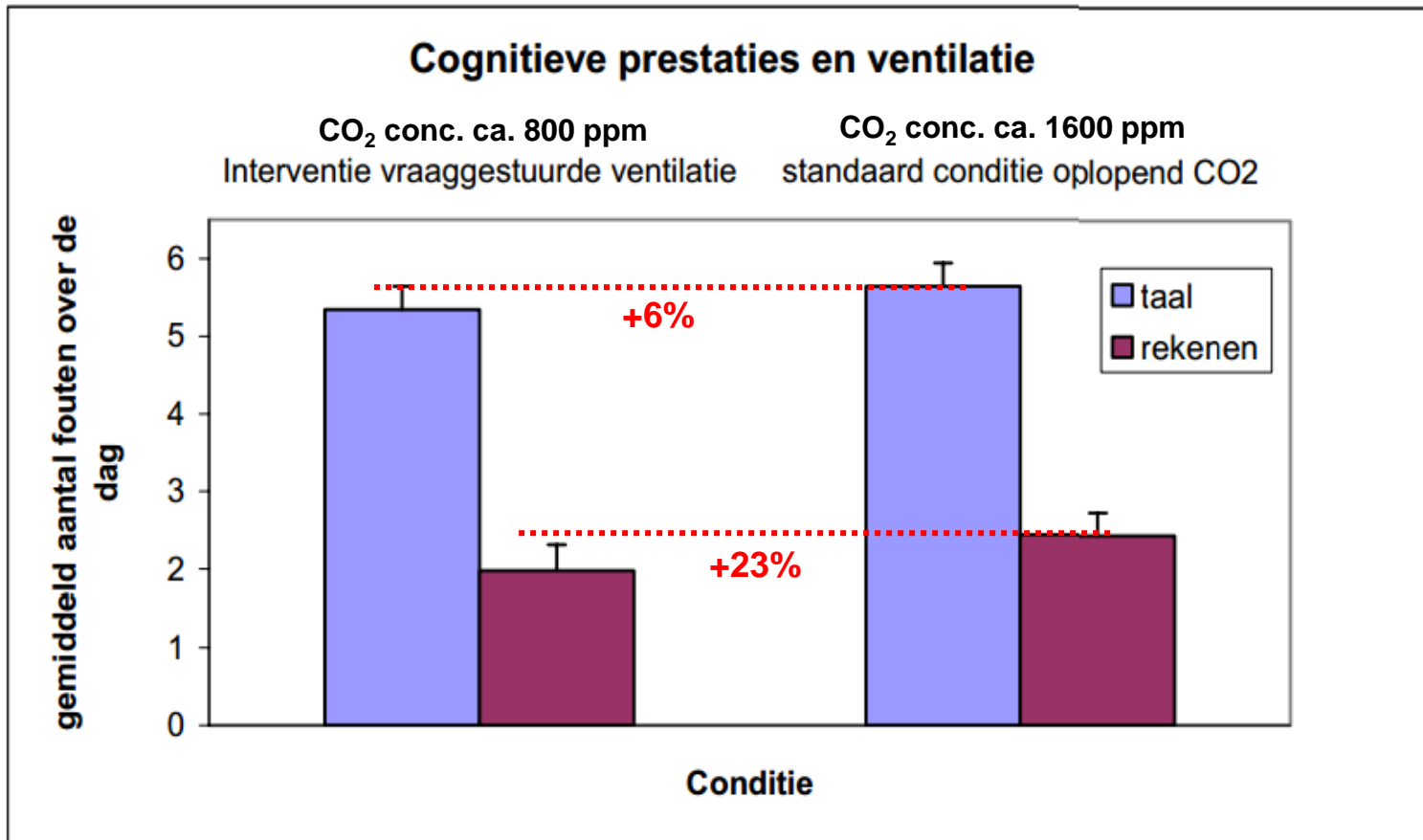
Bron: Versteeg, 2008

## Productiviteits/ziekteverzuimeffect binnenmilieu

Aspect	Productiviteits-winst	Ziekteverzuim-vermindering
Binnenmilieu als geheel goed	10-15%	2,5 procentpunt
Geen luchtvervuilingsbron	3-7%	1,5 procentpunt
Voldoende ventilatie	1-2%	0,5 procentpunt
Temperatuur regelbaar	2-3%	0,5 procentpunt
Temperatuur niet te hoog of te laag	7%	-
Kamerkantoor (max. 4 pers.)	2-4%	vermindering*
Goede verlichting	2-3%	-
Daglichttoetreding	-	0,5 procentpunt
Goede beeldscherm-ergonomie	winst*	-
Minder geluidhinder	3-9%	-

Bron: ISSO/SBR, 2002

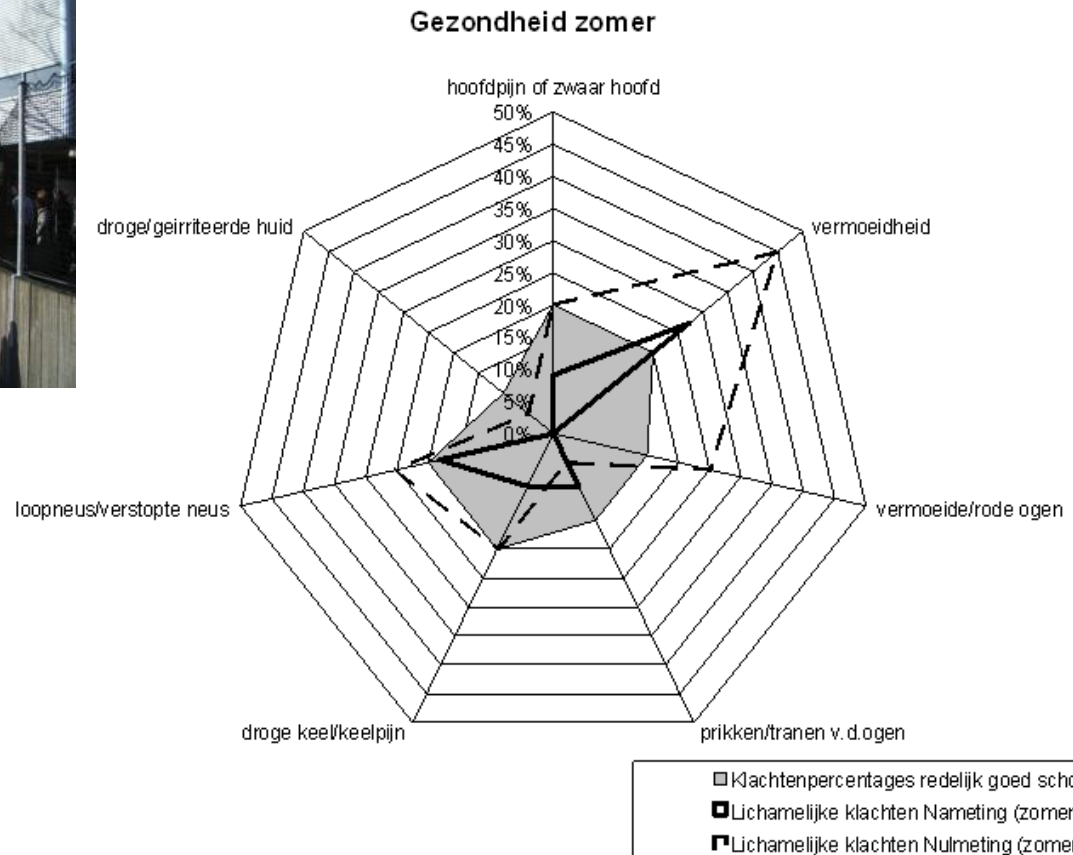
## Voorbeeld: leerprestatie-effect in scholen



Bron: TNO, 2006



# Praktijkvoorbeeld OBS De Spoorzoeker Den Haag



## Sterke punten systeem C & systeem D

<b>Natuurlijke ventilatie (systeem C)</b>	<b>Mechanische ventilatie (systeem D)</b>
Geen (extra) verontreiniging (op termijn) van toevoerlucht in kanalen, luchtbehandelingskasten e.d.	Verse luchttoevoer is niet (deels) afhankelijk van meteorologische condities (bv. windkracht)
Eenvoudig, intrinsiek logisch systeem met hoge acceptatiegraad bij eindgebruikers	Ook toe te passen in lawaaige omgevingen of in het geval van lokaal slechte buitenluchtkwaliteit
Relatief eenvoudig te regelen / precieze controle binnenklimaat door eindgebruiker is mogelijk	Precieze controle binnenklimaat door gebouwbeheerssysteem is mogelijk
Energiegebruik buiten het stookseizoen relatief laag (ventilatorenergie)	Energiegebruik tijdens het stookseizoen relatief laag (verwarmingsenergie), gebruik warmteterugwinning is mogelijk
Relatief weinig installatiegeluid	Ook te gebruiken bij relatief open plattegronden en diepe vertrekken (kantoortuinen)
Geen onnodige inbeslagname van ruimte (bouwwolume)	Minder kans op comfort klachten 's winters

*Gebaseerd op o.a. Roulet et al, 2005 en Raue et al, 2002*

# INTERMEZZO: 'Natuurlijk als het kan, mechanisch als het moet...'



## 12 Natuurlijk ventileren als het kan

### Stelling

Natuurlijke ventilatie is prettiger voor de bewoner dan andere vormen van ventilatie.

### Toelichting

Natuurlijke ventilatie is de eenvoudigste manier om luchtverversing en verkoeling te bewerkstelligen en is minder gevoelig voor technische mankementen en onderhoud (vervulling) dan meer gecompliceerde ventilatiesystemen. Het gevolg is een beter binnenmilieu.

Andere voordelen zijn een lager elektriciteitsverbruik voor ventilatoren en het principe dat er voor minder installatie minder bouwvolume nodig is. Daardoor worden er dus minder duurzame bronnen aangesproken. Uit wetenschappelijk onderzoek is bekend dat in kantoorgebouwen met natuurlijke ventilatie minder gebouwoverlastende gezondheidsklachten voorkomen dan in andere gebouwen (Zweers et al, Mendel). Dat er in de woningbouw momenteel een verschuiving optreedt van natuurlijke naar gebalanceerde ventilatie komt vooral doordat gebalanceerde ventilatie in de Energieprestatienorm gunstiger wordt beoordeeld. Vanuit het oogpunt van het binnenmilieu is het echter een minder gunstig systeem.

### Oplissing

- Een ventilatierooster in de gevel van elke verblijfsruimte maakt de basisventilatie mogelijk. Deze is nodig om zomer en winter, dag en nacht verontreinigingen (vooral menselijke geurstoffen) weg te spoelen.
- Met een te openen raam wordt spuiventilatie (of zomerventilatie) mogelijk gemaakt. Hierbij worden de ruimten tijdelijk met veel meer lucht gevuld, bijvoorbeeld als het erg warm is of wanneer er een piek in de geluidbelasting van de ruimte optreedt. In woningen kan met een te openen raam extra worden geventileerd om vochtplekken te verwijderen, bijvoorbeeld bij douchen of koken.

- Soms wordt alleen een open raam toegepast met een kierstand voor basisventilatie. Om geen last van tocht te krijgen is dan onder andere een speciale raamzetterter nodig waarmee een kier van 1,5 centimeter kan worden ingesteld. Als dit de enige ventilatievoorziening is, voldoet deze oplossing echter strikt genomen niet aan het Bouwbesluit.

- In lawaaiige omgevingen kan het ventilatierooster worden voorzien van een geluiddempert, een zogeheten suskast.

- De laatste tijd komen er steeds geavanceerdere ventilatie-roosters op de markt. Mechanisch gestuurde, zelfregelende roosters hebben een klep die verder wordt dichtgedrukt als de winddruk op de gevel toeneemt. Zo doemde komt er altijd ongeveer evenveel lucht door het rooster en wordt tochtinder voorkomen wanneer het hard waait.

- Elektronisch gestuurde zelfregelende roosters hebben een sensor die de luchtsnelheid meet en die het klepje elektrisch, met behulp van een servomotorje, sluit. Ze kunnen ook centraal worden bediend, bijvoorbeeld door een gebouwbekersysteem. Dit systeem wordt in de Energieprestatienorm (EPN) overigens min of meer als gelijkwaardig beoordeeld met gebalanceerde ventilatie (mechanische toevoer en afvoer).

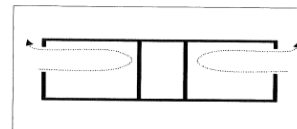
### Verwijzingen

19. Gezond ventileren
23. Gevoelensgrens: vensters naar de wereld, gezicht van het gebouw
28. Oost of west, wat slaapt het best?
29. De juiste ventilatie op de juiste plaats
43. Sluipen met het raam open
44. Zelfregelende ventilatie-roosters

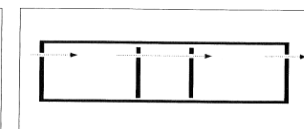
### Literatuur

- Boersta A.C. et al. 2001. *Arbohygiëne & Binnenmilieu*. Sdu Uitgevers, Den Haag.

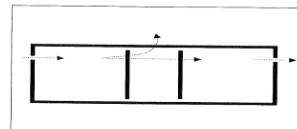
Doorsnede verschillende principes van natuurlijke luchtverversing (bron: Arjen Raaij).



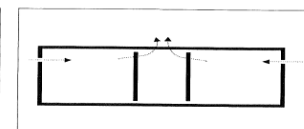
Ventilatie via *de* gevel.



Dwarsventilatie.



Ventilatie via gevel en dak; winddruk overheerst.



Ventilatie via gevel en dak; thermische trek overheerst.

# DEEL B: VOORBEELDPROJECT

# Basisschool De Schakel, Ammerzoden

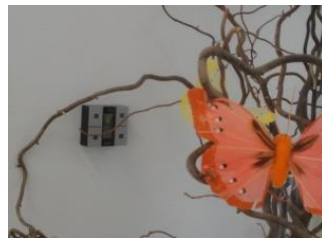
**DUCO**  
Ventilation & Sun Control



*Foto's: Duco & Bouwbedrijf Van Deelen*

# Ventilatievoorzieningen

**DUCO**  
Ventilation & Sun Control



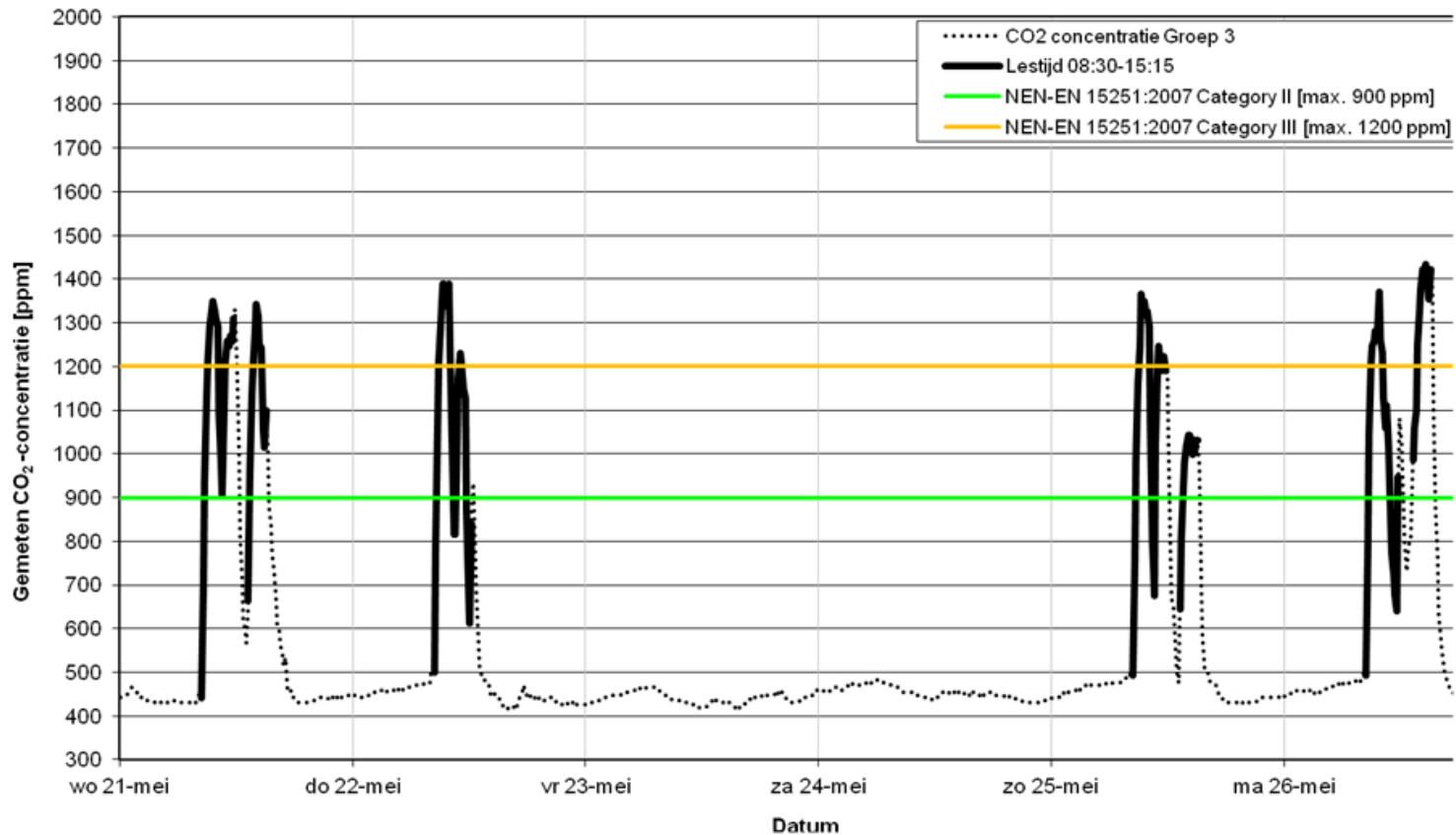
*DUCOTronic System Wired, CO<sub>2</sub> gestuurd met elektronische toevoerroosters Tronic Twin 120 (incl. zonwering)*

## Haalbaarheidsstudie Nijeboer-Hage (2014)

- Vraaggestuurd (CO<sub>2</sub>) natvent gekozen i.p.v. 'conventioneel systeem'
- Berekend elektraverbruik ventilatoren ca 2000 i.p.v. ca. 6000 kWh/jr
- Berekend gasverbruik verwarming ca. 2700 i.p.v. ca. 6800 m<sup>3</sup>/jr
- Besparing op jaarbasis ca. € 2750,00/jr
- Berekende terugverdientijd: ca. 7 jaar

# Meetuitkomsten ventilatie / CO<sub>2</sub> duurmeting (1 lokaal)

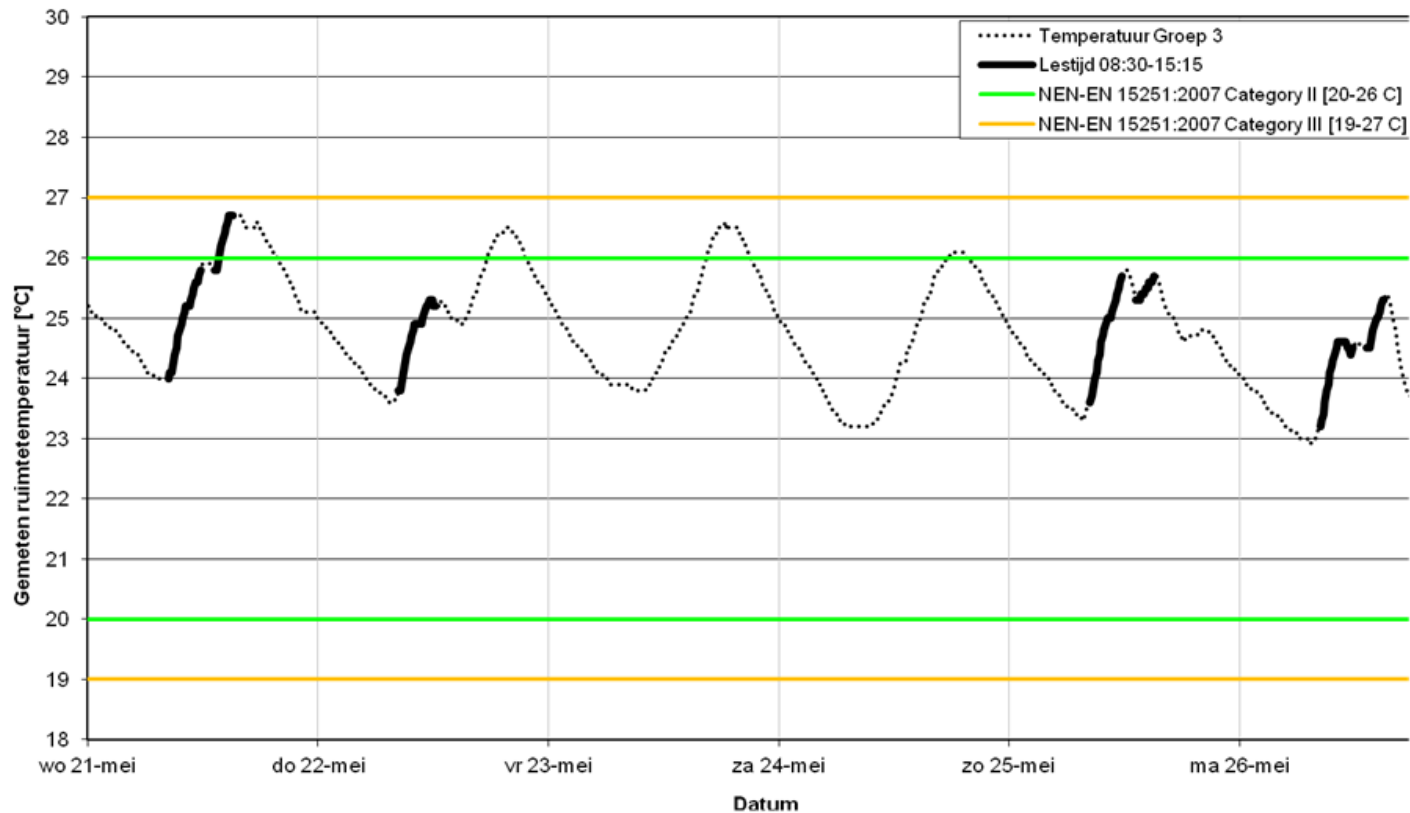
## Gemeten CO<sub>2</sub>-concentratie Groep 3 De Schakel





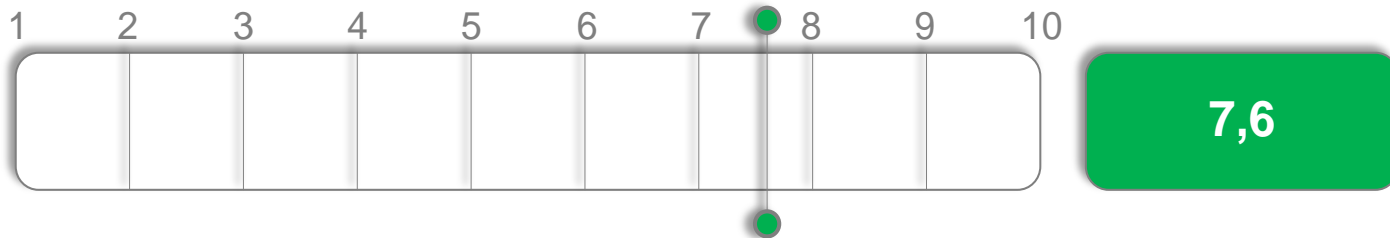
# Meetuitkomsten temperatuur duurmeting (1 lokaal)

**Gemeten ruimtetemperatuur Groep 3 De Schakel**

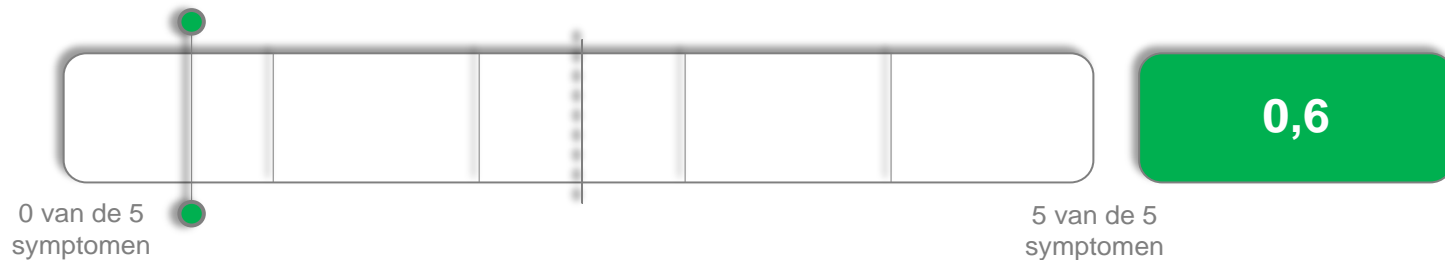


## Uitkomsten enquête (10 leerkrachten totaal)

Algemeen oordeel binnenklimaat / rapportcijfer:

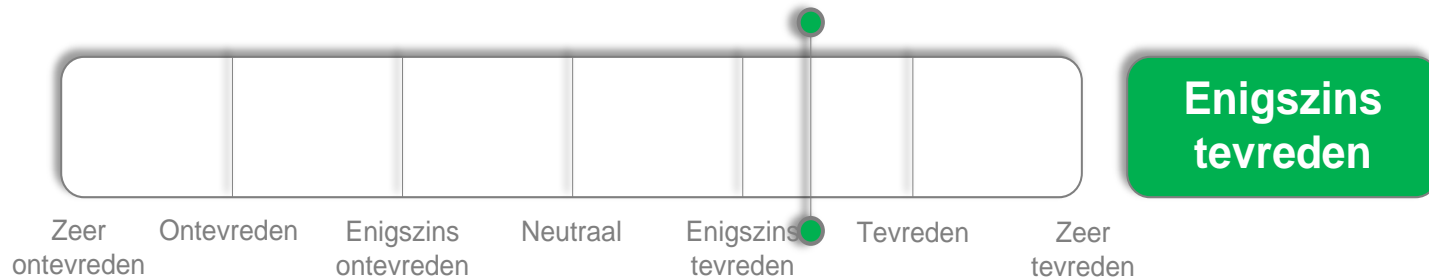


Building Symptom Index (5):



# Enquête vervolg

## Tevredenheid luchtkwaliteit:

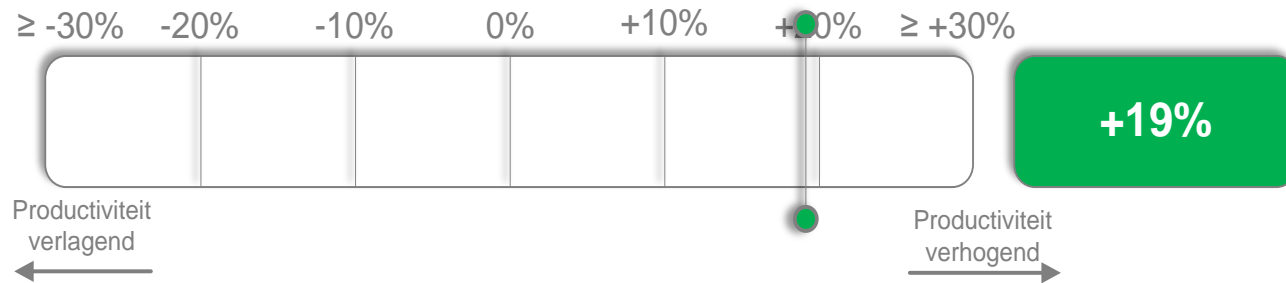


## Tevredenheid temperatuur:



# Enquête vervolg

## Zelf-ingeschat productiviteitseffect t.g.v. binnenklimaat:



## Bevindingen survey BBA (VOORLOPIG)

- Koppeling gevelroosters > mechanisch afzuiging werkt meestal goed
- Interface ('ventilatieknop') is relatief eenvoudig/intuïtief
- CO<sub>2</sub> gestuurde regeling werkt, CO<sub>2</sub> opnemer redelijk nauwkeurig
- Niet iedereen snapt hoe het systeem werkt en gebruikt bedienunit
- Benodigd onderhoud is onduidelijk bij gebouwbeheerder
- Goede installateur met u-bouw ervaring is belangrijk (!)

## Algemene opmerkingen eindgebruikers

### Positieve punten:

- *‘veel beter dan in oude situatie’*
- *‘fijn dat je e.e.a. zelf in kunt stellen’*
- *‘handig dat je ook voor automatische regeling kunt kiezen’*
- *‘ervaringen zijn goed’*
- *‘lekker veel verse lucht’*

### Verbeterpunten:

- *‘tocht & kou onder ventilatieroosters in sommige lokalen ‘s winters’*
- *‘breedte vensterbanken boven verwarming en ventilatiesysteem had anders (breder) gekund’*
- *‘heb nooit instructie gehad’*

## CONCLUSIES

- Verhoogde kans op 'sick building klachten' in mechanisch geventileerde gebouwen / gebouwen met airconditioning
- Tevredenheid met binnenklimaat in natuurlijk geventileerde gebouwen gemiddeld hoger
- CO<sub>2</sub> concentratie in natvent gebouwen vaak hoger, en installatiegeluidniveau juist lager
- Per project bekijken / 'natuurlijk als het kan, mechanisch als het moet'
- School Ammerzoden met DUCO ventilatiesysteem:
  - enquête-resultaten goed (zeker voor een school)
  - eerste meetuitkomsten redelijk positief

VRAGEN?