

Welkom bij de opleiding Facility Management

Directeuren Facilitaire Bedrijf

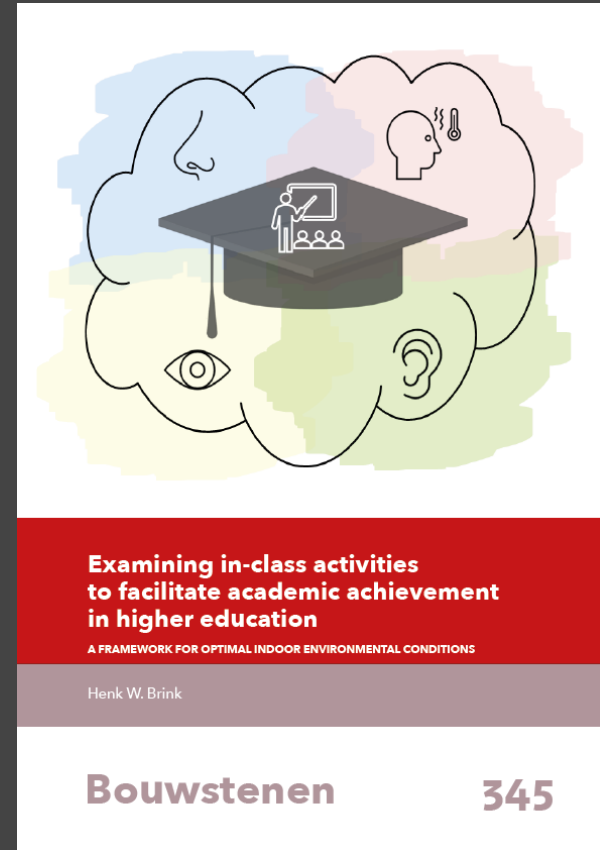
- Hogeschool Utrecht
- Windesheim
- Inholland
- Saxion
- Hogeschool Zuyd
- Haagse Hogeschool
- Hanzehogeschool



share your talent. move the world.

Henk W. Brink

- Opleidingsmanager van de opleiding Facility Management en
- Onderzoeker bij het Kenniscentrum NoorderRuimte, Lectoraat Facility Management, Hanzehogeschool Groningen
- Gepromoveerd op 7 maart 2023 aan de Technische Universiteit Eindhoven (Department of the Built Environment, Building Performance IEQ-Health)
- Proefschrift: “Examining in-class activities to facilitate academic achievement in higher education: A framework for optimal indoor environmental conditions”



Het delen resultaten van dit onderzoek



Hoe creëer je optimale
binnenmilieucondities



die de activiteiten in de
klas het beste faciliteren...



share your talent. **move** the world.

Het delen resultaten van dit onderzoek



Hoe creëer je optimale
binnenmilieucondities



die de activiteiten in de
klas het beste faciliteren...



daarmee de
academische prestaties bevorderen



share your talent. **move** the world.

Aanleiding

- **Begin van de 20ste eeuw: Buitenscholen**
- **2008: Introductie Programma “Frisse Scholen”**
- **2015: Binnenmilieu werd nog steeds als laagste gewaardeerd door studenten**
- **2019: Corona pandemie -> slechte luchtkwaliteit**



share your talent. **move** the world.

Onderzoeksproject

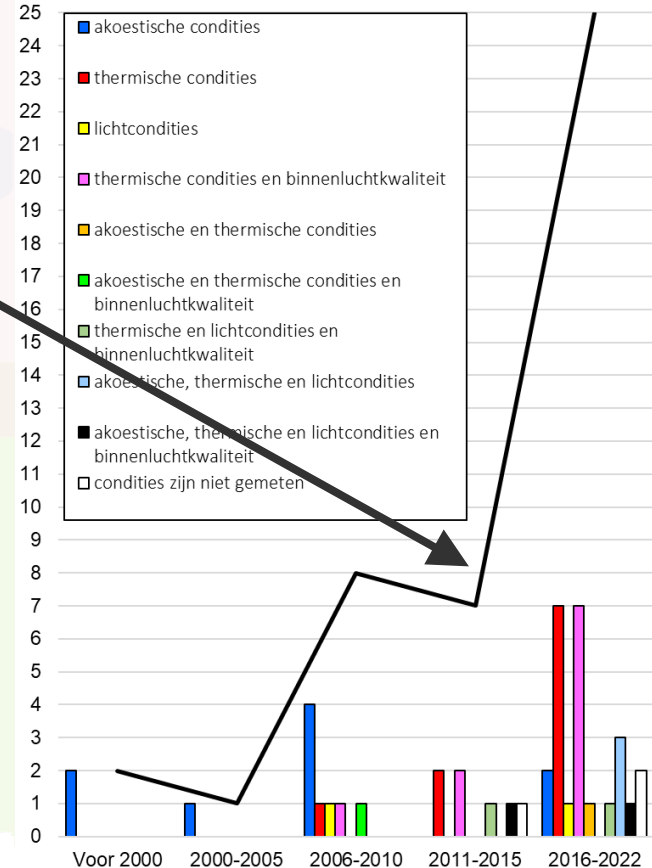
Vier studies in het proefschrift

1. Systematische literatuur onderzoek
2. Ontwikkeling en toepassing van een systematische aanpak
3. Veld experiment
4. Interviews en groepsdiscussies met docenten en studenten



Systematische literatuur onderzoek

- Sprake van toenemende belangstelling
- Samengesteld effect van meerdere binnenmilieu parameters beperkt onderzocht
- Focus op cognitieve prestatie op korte termijn
- Beperkt onderzoek naar de kwaliteit van lesgeven uitgevoerd



Effect van gepercipieerd thermisch comfort

Auteur	Taak	Thermische sensatie						
		Koud	Koel	Een beetje koel	Neutraal	Een beetje warm	Warm	Heet
Jaber et al. (2017)	Score aandachtstaak (mate van accuratesse)	10.0%↓	1.5%↑	2.0%↑	1	7.0%↓	12.0%↓	16.0%↓
	Score op een geheugen gerelateerde taak	11.0%↓	1.0%↑	2.0%↑	1	0.5%↑	14.0%↓	22.0%↓
Hoque and Weil (2016)	Score op een academische test	16.0%↓		9.0%↓	1	9.0%↓	16.0%↓	
¹ Referentie conditie								

Jaber, A. R., Dejan, M., & Ucci, M. (2017). The effect of indoor temperature and CO2 levels on cognitive performance of adult females in a university building in Saudi Arabia. *Energy Procedia*, 122, 451-456.

Hoque, S., & Weil B. (2016). The Relationship between Comfort Perceptions and Academic Performance in University Classroom Buildings. *Journal of Green Building*, 11(1), 108-117. <https://doi.org/10.3992/jgb.11.1.108.1>



share your talent. move the world.

Effect van verschillende binnenmilieu condities

Auteur	Taak	Referentie conditie waarin de hoogste prestatie werd gemeten				Alternatieve conditie waarin de laagste prestatie werd gemeten				Effect
		IAQ in ppm	TC in °C	LC in lx	AC in dBA	IAQ in ppm	TC in °C	LC in lx	AC in dBA	
Jaber et al. (2017)	Cognitieve taken	600	20			1000	23			12%↓
	Cognitieve taken	600	20			1800	25			23%↓
Xiong et al. (2019)	Geheugen taak		27	300	50		22	60	70	47%↓
	Waarneming taak		22	2200	50		27	2200	40	32%↓
	Probleem oplossing taak		22	300	40		22	60	70	42%↓
	Aandacht taak		17	2200	40		17	2200	60	42%↓

IAQ=binnenlucht kwaliteit; TC=thermische condities; LC=lichtcondities; AC=akoestische condities

Jaber, A. R., Dejan, M., & Ucci, M. (2017). The effect of indoor temperature and CO2 levels on cognitive performance of adult females in a university building in Saudi Arabia. *Energy Procedia*, 122, 451-456.

Xiong, L., Huang, X., Li, J., Mao, P., Wang, X., Wang, R., & Tang, M. (2018). Impact of Indoor Physical Environment on Learning Efficiency in Different Types of Tasks: A 3 x 4 x 3 Full Factorial Design Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1256. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061256>



share your talent. move the world.

Systematische literatuur onderzoek

Optimale condities zijn taakafhankelijk

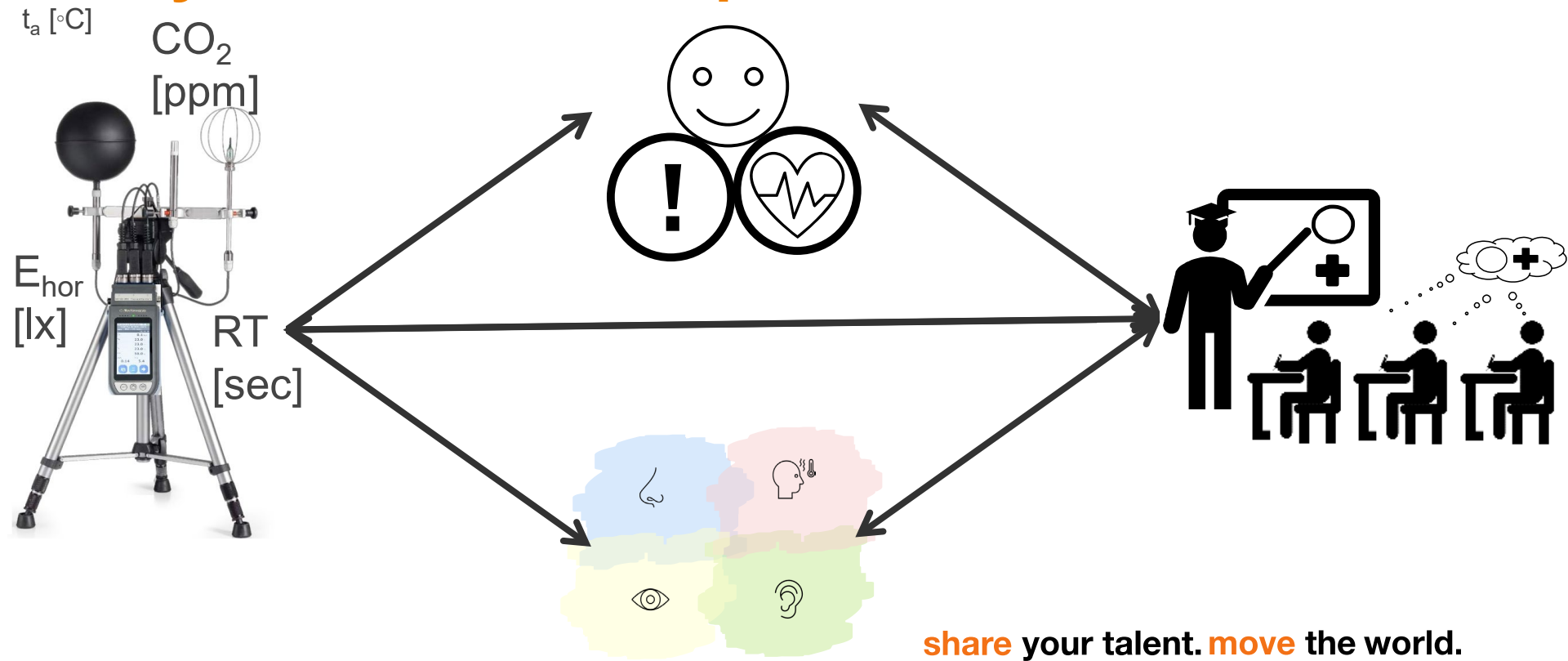
Xiong et al. (2018):

- Probleemoplossende taken:
 - thermisch neutrale, tamelijk stille en matig verlichte omgeving
- Concentratie en aandachtstaken
 - Een koele, tamelijk stille en lichte omgeving
- Geheugen taken
 - relatief warme, rustige en matig verlichte omgeving

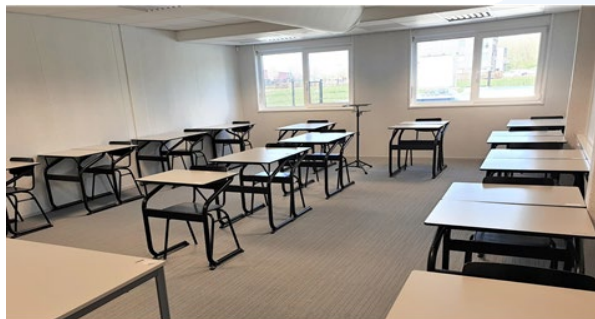
Xiong, L., Huang, X., Li, J., Mao, P., Wang, X., Wang, R., & Tang, M. (2018). Impact of Indoor Physical Environment on Learning Efficiency in Different Types of Tasks: A 3 x 4 x 3 Full Factorial Design Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1256. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061256>



Ontwikkeling en toepassing van een systematische aanpak



Veld experiment



Twee
identieke
klaslokalen



Verschillende
binnenmilieu condities



Controle conditie

Klasse B

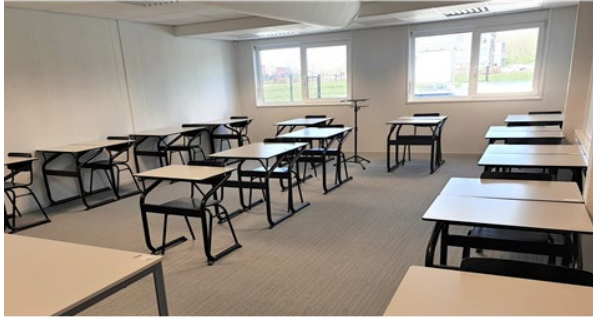
“Frisse scholen”

Interventie conditie

Klasse A



share your talent. move the world.



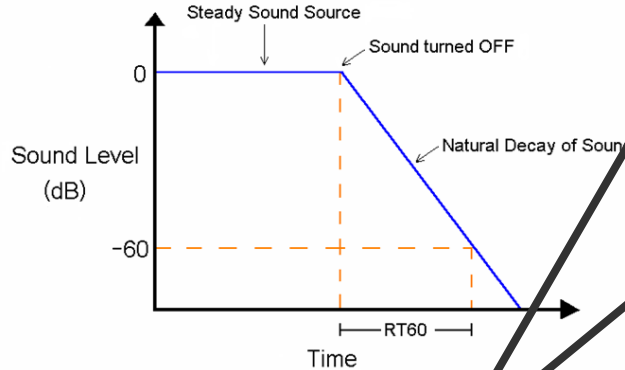
Controle conditie

RT ~ 0.6 s

Klasse B

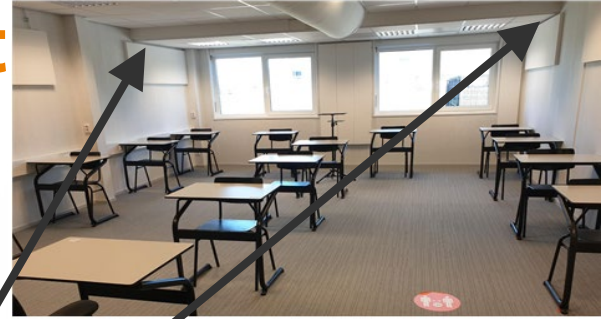
Veld experiment

Eerste interventie



Verschillende
nagalm tijden (RT)

RT beïnvloedt het vermogen om de stem van de docent te horen



Interventie conditie

RT ~ 0.4 s

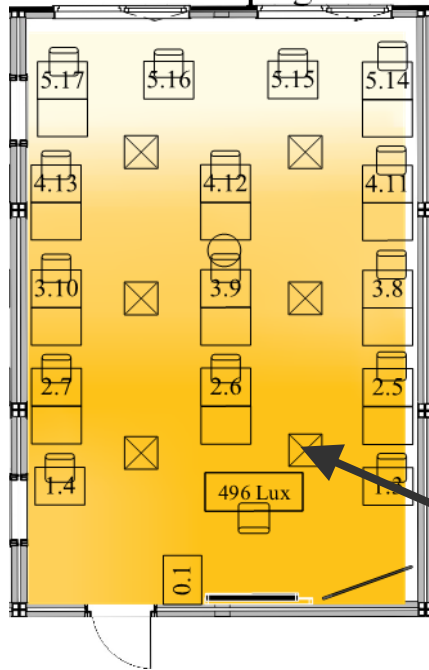
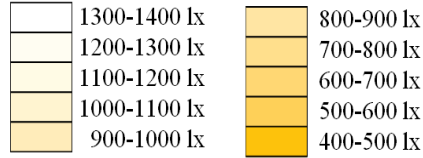
Klasse A



share your talent. move the world.

Veld experiment

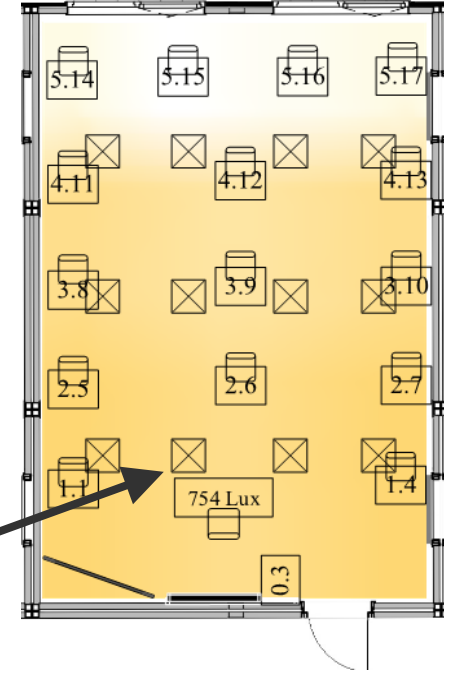
Tweede interventie



Controle conditie

RT ~ 0.6 s; E_{hor} ~ 500 lx

Klasse B

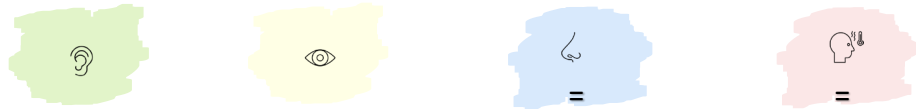


Interventie conditie

RT ~ 0.4 s; E_{hor} ~ 750 lx

Klasse A

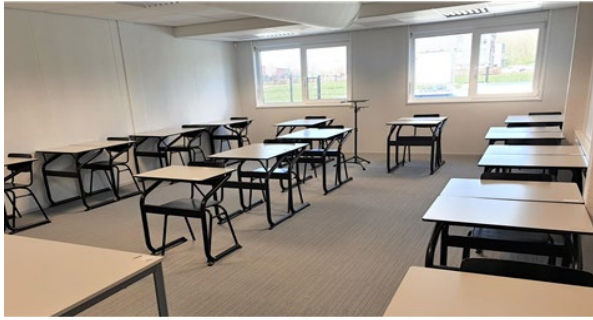
Vershillende
horizontale verlichtingssterktes
(E_{hor})



share your talent. move the world.

Veld experiment

Derde interventie

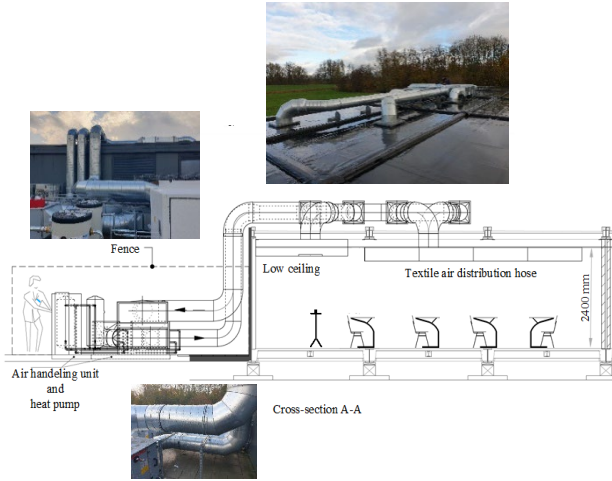


Controle conditie

$\text{CO}_2 < 800 \text{ ppm}$

(was $\text{CO}_2 \sim 1100 \text{ ppm}$)

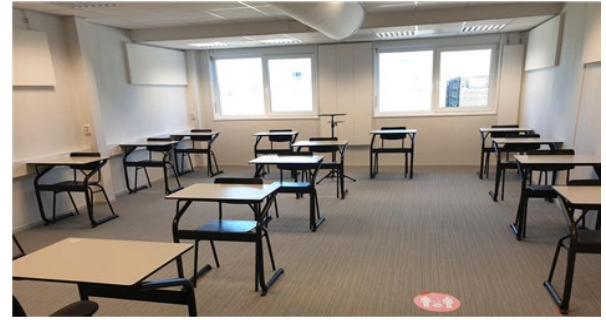
$\text{RT} = 0.6 \text{ s}$; $E_{\text{hor}} = 500 \text{ lx}$



Nieuw ventilatie systeem

Klasse A

luchtkwaliteit



Interventie conditie

$\text{CO}_2 < 800 \text{ ppm}$

(was $\text{CO}_2 \sim 1100 \text{ ppm}$)

$\text{RT} = 0.4 \text{ s}$; $E_{\text{hor}} = 750 \text{ lx}$



share your talent. move the world.

Resultaten veld experiment

In totaal werden 527 responses, gedurende zeven campagnes van 201 studenten, verzameld en geanalyseerd



College
1 uur



Pauze
5 min



Vragenlijst
ca 15 min



Academische
test ca 5 min

Klasse A (RT) ↔ Klasse B (RT)

- ↑ cognitieve prestatie → ↑ kwaliteit van leren
- ⇅ korte termijn academische prestatie



share your talent. move the world.

Resultaten veld experiment

In totaal werden 527 responses, gedurende zeven campagnes van 201 studenten, verzameld en geanalyseerd



College
1 uur



Pauze
5 min



Vragenlijst
ca 15 min



Academische
test ca 5 min

Klasse A (RT + E_{hor}) ↔ Klasse B (RT + E_{hor})

- ↑ lichtcomfort → ↑ gezondheid ↑ emotie ↑ cognitieve respons ↑ kwaliteit van leren
- ↓ vermogen op problemen op te lossen
- ↓ korte termijn academische prestatie



share your talent. move the world.

Resultaten veld experiment

In totaal werden 527 responses, gedurende zeven campagnes van 201 studenten, verzameld en geanalyseerd



College
1 uur



Pauze
5 min



Vragenlijst
ca 15 min



Academische
test ca 5 min

$\text{CO}_2 \downarrow (\text{Klasse A (RT + E}_{\text{hor}}) \leftrightarrow \text{Klasse B (RT + E}_{\text{hor}}))$

- geen verschillen
- \updownarrow korte termijn academische prestatie

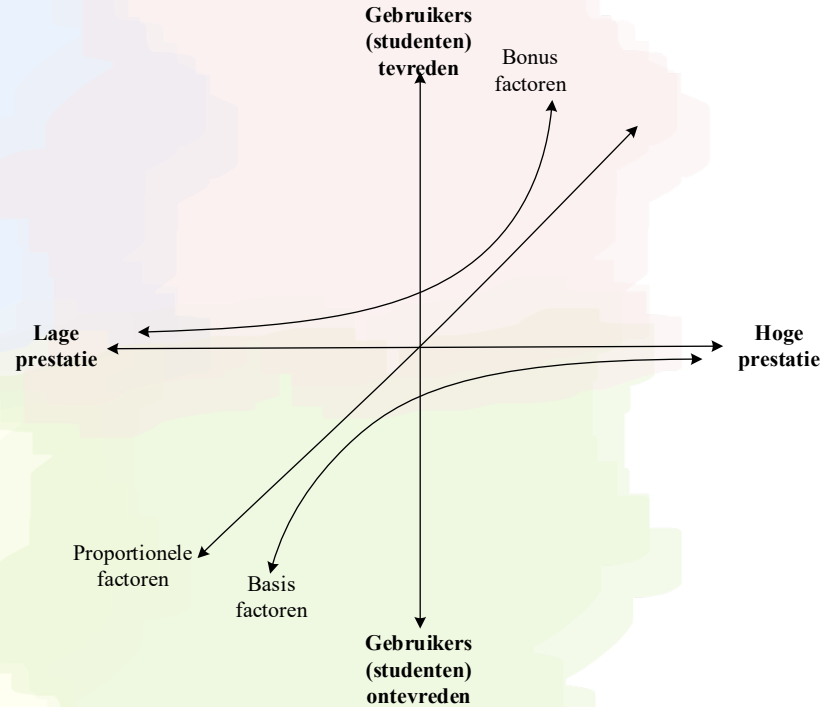


=

share your talent. move the world.

Discussie

- Kano model (Kano et al., 1984) toegepast op binnenmilieu parameters (Kim and De Dear, 2012)
- Laat een bepaalde hiërarchie zien tussen binnenmilieu parameters (onder kantoorwerkers)



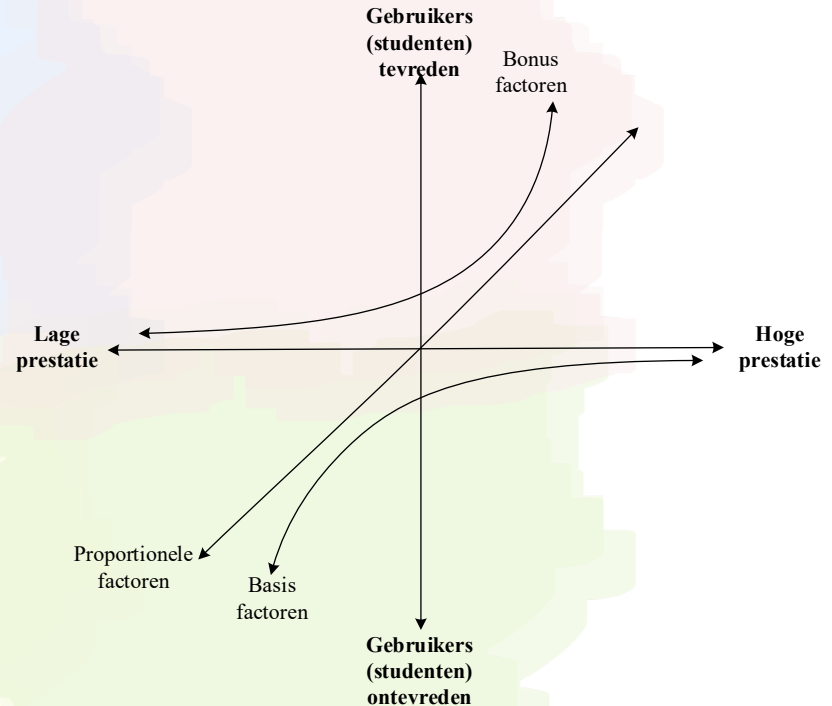
Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 147-156. https://doi.org/10.20684/quality.14.2_147
Kim, J., & de Dear, R. (2012). Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. *Building and Environment*, 49, 33-40.

Discussie

Kim and De Dear (2012):

- Hiërarchie tussen binnenmilieu parameters (onder kantoorwerkers)
- Het effect van een binnenmilieu parameter kan teniet worden gedaan door de (slechte) kwaliteit van een andere binnenmilieu parameter
- Gebruikers zijn zich niet altijd bewust van een bepaald binnenmilieu effect maar dit kan wel invloed hebben op de prestatie

Onbekend of dit ook geldt voor een leeromgeving (onderzoek noodzakelijk)

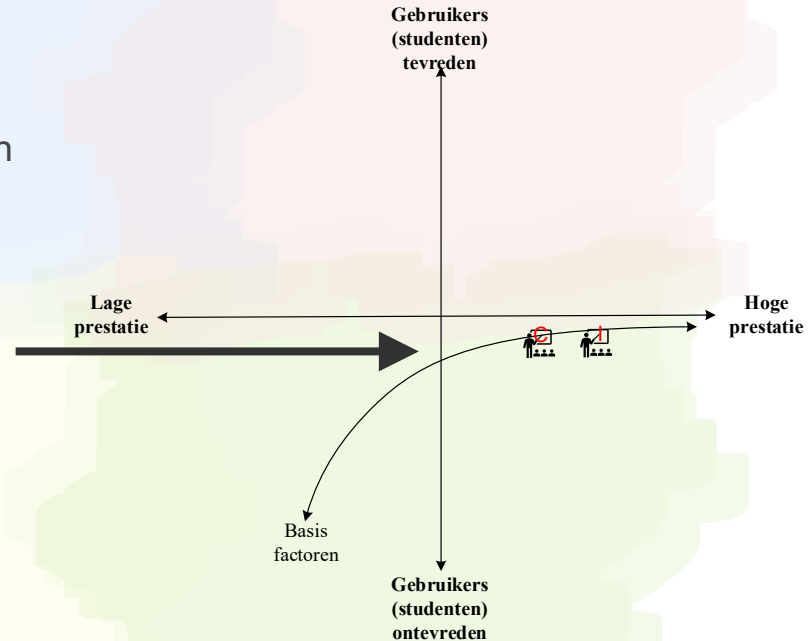


Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 147-156. https://doi.org/10.20684/quality.14.2_147
Kim, J., & de Dear, R. (2012). Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. *Building and Environment*, 49, 33-40.



Discussie

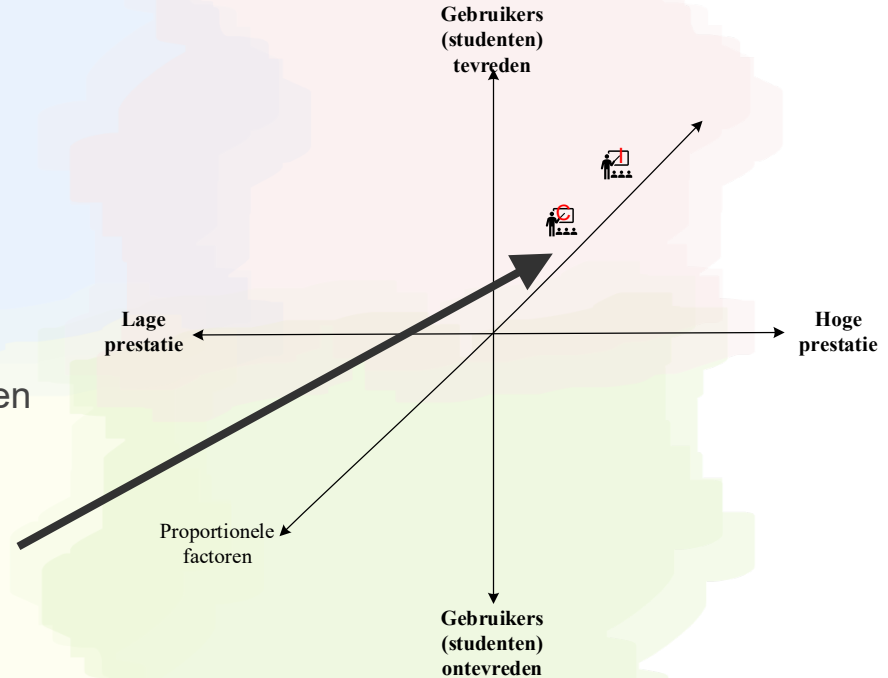
- Basis factoren:
 - thermisch comfort
 - hoeveelheid geluidDe negatieve effect van deze factoren weegt zwaarder dan hun positieve effecten
- Effect van nagalmtijd lijkt om dit effect



Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 147-156. https://doi.org/10.20684/quality.14.2_147
Kim, J., & de Dear, R. (2012). Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. *Building and Environment*, 49, 33-40.

Discussie

- Proportionele factoren:
 - gepercipieerde luchtkwaliteit
 - lichtkwaliteit/visueel comfort
 - akoestisch comfortDe algehele tevredenheid van de gebruiker nam toe of af in lineaire verhouding tot de prestaties van het gebouw die deze factoren beïnvloeden
- Het samengestelde effect van nagalmtijd en horizontale verlichtingssterkte lijkt hierop

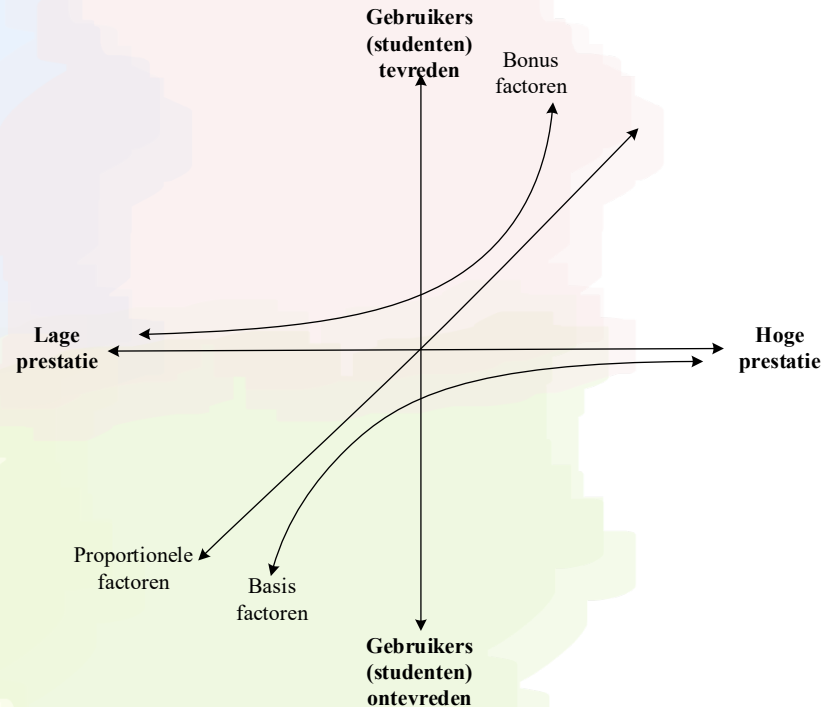


Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 147-156. https://doi.org/10.20684/quality.14.2_147
Kim, J., & de Dear, R. (2012). Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. *Building and Environment*, 49, 33-40.



Vervolgonderzoek

- Bestaat er in leeromgevingen een hiërarchie tussen binnenmilieu parameters in relatie tot de tevredenheid en de prestatie van gebruikers?
- Essentieel om niet alleen perceptie te meten omdat gebruikers zich niet altijd bewust zijn van een bepaald binnenmilieu effect maar wel van invloed kan zijn op de prestatie



Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 147-156. https://doi.org/10.20684/quality.14.2_147
Kim, J., & de Dear, R. (2012). Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. *Building and Environment*, 49, 33-40.



Interviews en groepsdiscussies

Invloed op lesgeven en leren

- 11 docenten interviews
- 24 studenten
3 focusgroep discussies



Ervaringen met binnenmilieu condities



share your talent. **move** the world.

Conclusies van dit onderzoek

- Luchtkwaliteit onacceptabel → ramen en deuren open → geluidsoverlast → concentratie verlies
- Oncomfortabele condities → docenten voerden het tempo van de les op, pauzeerden eerder of de les werd ingekort
- Comfortabele condities → ↑ emotionele status
↑ cognitieve responses



Overall conclusions

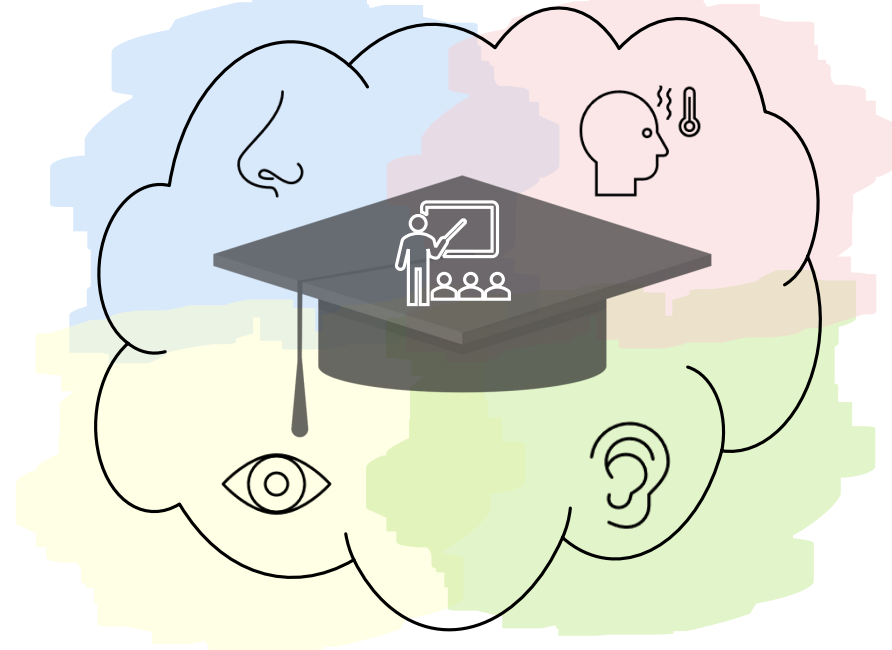
Er bestaat geen “one-size fits all”

- In optimale leeromgevingen kunnen binnenmilieu condities worden aangepast op verschillende activiteiten
- Niet eenvoudig om acceptabele condities te handhaven in klaslokalen

Advies

Het installeren van CO₂ sensors is niet genoeg om optimale condities te creëren

- Vervolgonderzoek is nodig om vast te stellen wat optimale condities zijn in relatie tot de verschillende onderwijsactiviteiten (onderzoek agenda)
- Monitor ook andere binnenmilieu parameters
(t_a , v_a , SPL, E_{hor})

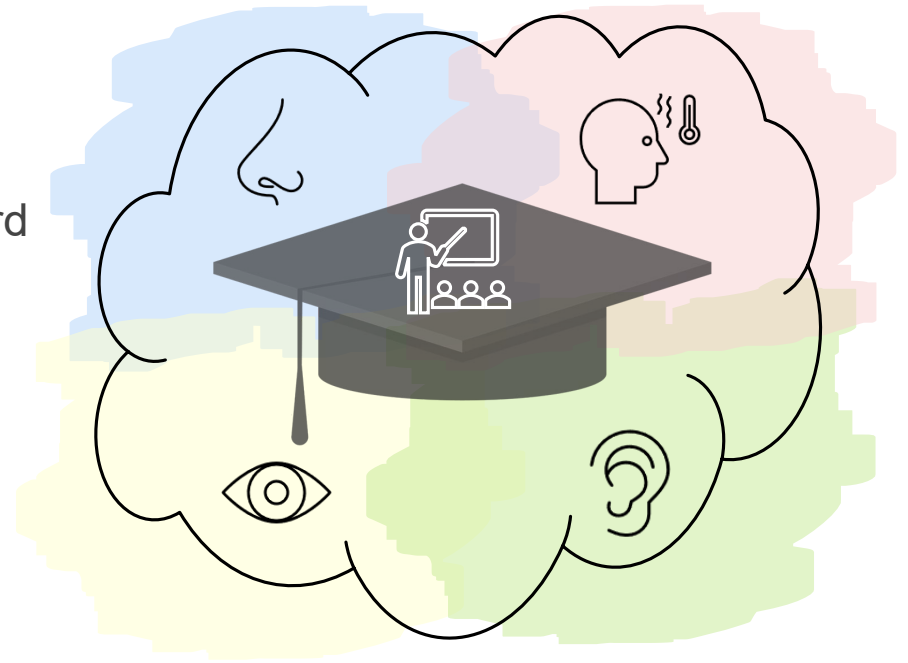


share your talent. move the world.

Advies

Korte termijn

- Verstrek informatie over:
- Hoe het klaslokaal is geconditioneerd en wordt gemonitord
- Hoe condities kunnen worden aangepast
- Wat te doen als oncomfortabele condities ontstaan

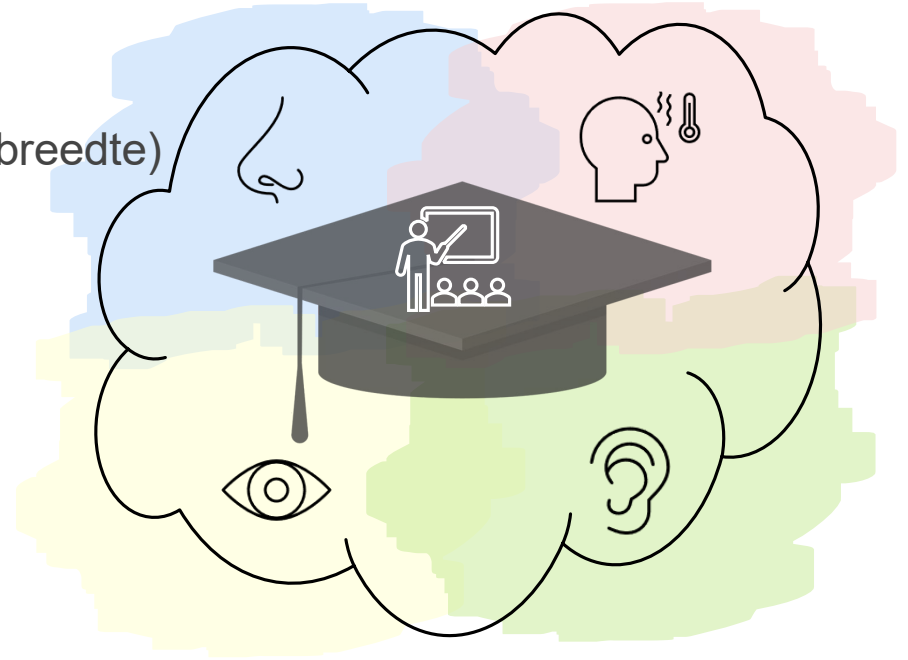


share your talent. **move** the world.

Advies

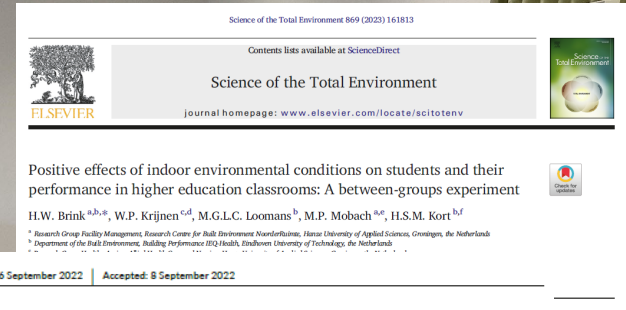
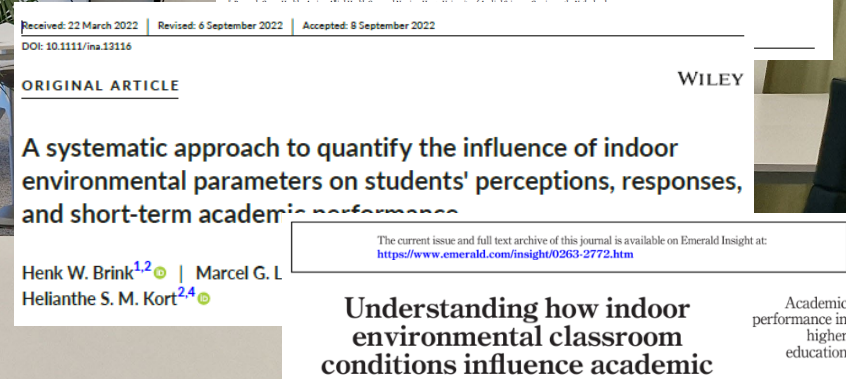
Lange termijn

- Instelbare temperatuur (kleine bandbreedte)
- Instelbare lichtintensiteit
- Instelbare lichtkleur
- Hoge luchtkwaliteit
- Toevoegen geluid (white noise)
- Ontwikkelen van presets op activiteitsniveau



Mijn speciale dank gaat uit naar:

- Studenten, docenten en staf die hebben meegewerkt
- Lectoraat Facility Management, Kenniscentrum NoorderRuimte, Hanzehogeschool
 - dr. Mark P. Mobach
- Department of the Built Environment, Building Performance IEQ-Health, Eindhoven University of Technology
 - dr. Ir. Marcel G.L.C. Loomans
 - prof. dr. Helianthe S.M. Kort
- Ecophon (akoestische panelen)
 - Bianca Scherpenhuyzen
- ETAP Lighting (verlichtingsarmaturen)
 - Ralph Thomassen
- Equans (HVAC installatie)
 - Kristiaan Blokzijl
- En vele anderen



Understanding how indoor environmental classroom conditions influence academic performance in higher education

Henk W. Brink
Research Group Facility Management, Research Centre for Built Environment NoorderRuimte, Hanze University of Applied Sciences, Groningen, The Netherlands and Department of the Built Environment, Building Performance IEQ-Health, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands

Stefan C.M. Lechner
Research Group Facility Management, Research Centre for Built Environment NoorderRuimte, Hanze University of Applied Sciences, Groningen, The Netherlands

Marcel G.L.C. Loomans
Department of the Built Environment, Building Performance IEQ-Health, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands

Mark P. Mobach
Research Group Facility Management, Research Centre for Built Environment NoorderRuimte, Hanze University of Applied Sciences, Groningen, The Netherlands and Research Group Spatial Environment and the User, Research Centre Mission Zero, Hague University of Applied Sciences, Den Haag, The Netherlands, and

Helianthe S.M. Kort
Department of the Built Environment, Building Performance IEQ-Health, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands and Research Group Technology for Healthcare Innovations, Research Centre Sustainable and Healthy Living, Utrecht University of Applied Sciences, Utrecht, The Netherlands

Academic performance in higher education

Received 21 December 2022
Revised 24 February 2023
12 April 2023
14 May 2023
Accepted 16 May 2023