



## Kunstmatige intelligentie voor een toekomstbestendige school

### Samenvatting

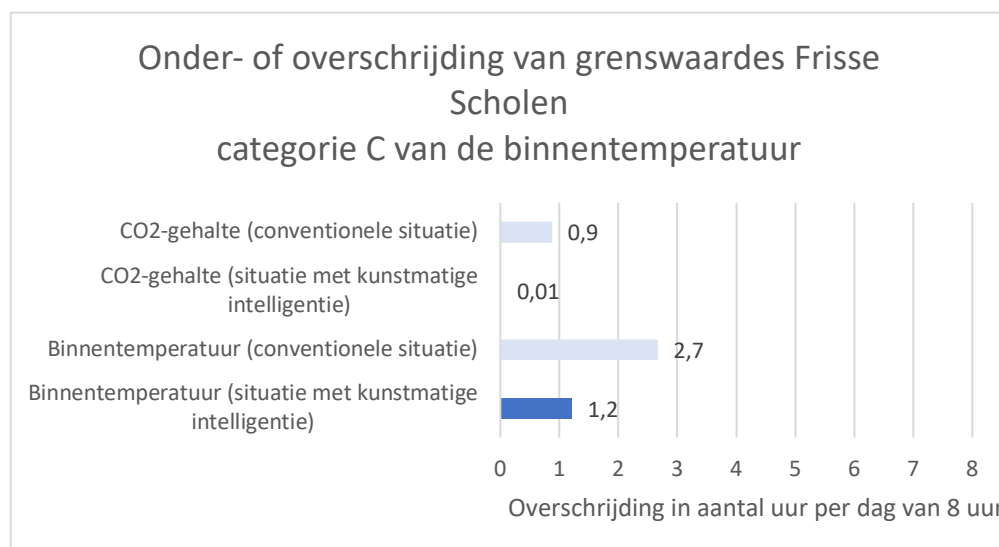
Anno 2021 staat het binnenmilieu in de Nederlandse school centraler dan ooit. Eigenlijk weten we al een tijdje dat de schoolgebouwen niet de meest gezonde plekken zijn, maar er was een pandemie voor nodig om mensen tot actie over te zetten. Zo is er vanuit de overheid al een subsidie voor bijna 100 miljoen euro om de ventilatiesystemen te verbeteren

Hero Balancer heeft bij ongeveer 40 onderzocht wat de huidige waarden voor de binnentemperatuur, het CO<sub>2</sub>-gehalte en de relatieve luchtvochtigheid zijn en of deze verbeterd kunnen worden door het aansturen van de klimaatinstallatie op basis van kunstmatige intelligentie.

Uit het onderzoek blijkt dat de grenswaarden vanuit de overheid voor de binnentemperatuur en het CO<sub>2</sub>-gehalte grote delen van de lestijd worden overschreden, dit wordt in de grafiek weergegeven. Soms wordt er zelfs een CO<sub>2</sub>-gehalte van 3400 parts per million bereikt (boven de 1200 wordt als onvoldoende beoordeeld). Dit resulteert in gezondheidsklachten zoals hoofdpijn en vermoeidheid, een afname van productiviteit en een vergrote kans op de besmetting door virussen. Hoe hoger het CO<sub>2</sub>-gehalte is, des te meer uitgedemde lucht er in een ruimte aanwezig is. Deze uitgedemde lucht kan ook ziekteverwekkers zoals virusdeeltjes bevatten. De luchtvochtigheid in de klaslokalen is wel van een hoge kwaliteit.

Wanneer de klimaatinstallatie wordt aangestuurd op basis van kunstmatige intelligentie ligt de duur van de overschrijdingen lager, maar er kan niet volledig voorkomen worden dat er nog overschrijdingen zijn. Dit wordt ook weergegeven in het figuur hieronder. Los van een stijging van de kwaliteit van het binnenmilieu, wordt er door gebruik te maken van de kunstmatige intelligentie een reductie in het energieverbruik voor verwarmen van 24 % gerealiseerd.

Zo kunnen scholen door het aansturen van de klimaatinstallatie door kunstmatige intelligentie gezonder én duurzamer worden, maar er zijn nog meer stappen te ondernemen om de scholen volledig gezond te maken.



## HERO BALANCER





## Inleiding

Ten tijden van de coronacrisis staat de gezondheid van mensen aanzienlijk hoger in het vaandel. Er is daardoor ook meer aandacht voor de gezondheid in de klaslokalen van scholen. Vanaf half december is er besloten om de scholen tijdelijk (weer) dicht te doen omdat het aantal besmettingen op liep. Maar wat verstaan we onder een gezond schoolgebouw en hoe weten wij of onze kinderen op dit moment en in de toekomst op een gezonde manier kunnen leren?

Er zijn veel onderzoeken uitgevoerd naar de kwaliteit van het binnenmilieu in scholen waarin is gekeken naar het effect op de gebruiker van vooral de binnentemperatuur, het CO<sub>2</sub>-gehalte en de relatieve luchtvochtigheid. In dit artikel wordt kort ingegaan op de resultaten uit deze onderzoeken, vervolgens worden deze gekoppeld aan de daadwerkelijk gemeten kwaliteit van het binnenmilieu in scholen uit twee verschillende situaties.

In één situatie word de klimaatinstallatie aangestuurd op de conventionele manier en in één situatie word de klimaatinstallatie aangestuurd op basis van kunstmatige intelligentie. De binnentemperatuur, het CO<sub>2</sub>-gehalte en de relatieve luchtvochtigheid worden tussen beide situaties vergeleken om zo te kijken of er een verhoging van de kwaliteit van het binnenmilieu gerealiseerd kan worden door de klimaatinstallatie aan te sturen op basis van kunstmatige intelligentie.

Maar om de basisscholen toekomstbestendig te maken is niet alleen een gezond binnenmilieu nodig, maar ook het energieverbruik speelt hier een belangrijke rol. Daarom wordt er ook gekeken naar het verschil in energieverbruik per vierkante meter tussen de twee situaties. Om het verschil in energieverbruik in kaart te brengen is er gekozen om het originele energieverbruik en het energieverbruik tijdens de aansturing op basis van kunstmatige intelligentie van dezelfde scholen te gebruiken. Het zou namelijk minder representatief zijn om verschillende scholen te vergelijken. Zo kan het zijn dat de ene school een kinderdagverblijf in het weekend heeft en de ander niet. Daar zal het energieverbruik dan automatisch hoger liggen.

# HERO BALANCER

[www.herobalancer.com](http://www.herobalancer.com)

KvK: 69087822



[welkom@herobalancer.nl](mailto:welkom@herobalancer.nl)



BTW: NL857727163B01



Spanbroekerweg 162, 1715 GV Spanbroek



IBAN: NL89RABO0320886190



## Binnentemperatuur

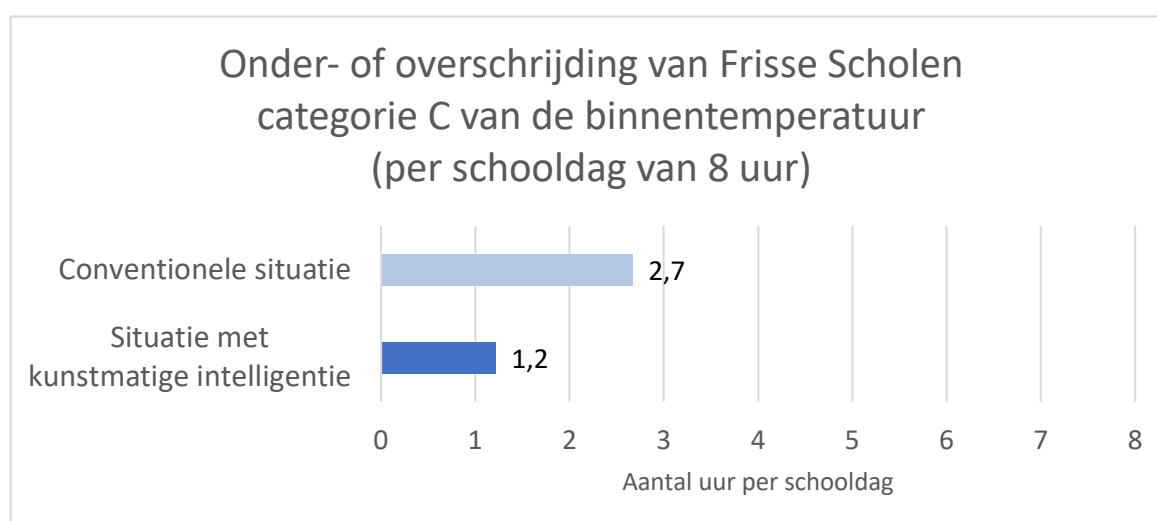
Door de RVO is er een campagne opgesteld die zich focust op de gezondheid van schoolgebouwen: Frisse scholen. Vanuit deze campagne zijn er grenswaardes opgesteld voor verschillende onderdelen van het binnenmilieu, deze grenswaardes onderscheiden 3 niveaus: A, B en C. Waar categorie A als uitstekend wordt beoordeeld en categorie C net voldoet aan het bouwbesluit. Het is ook mogelijk dat scholen niet in een categorie vallen, dit zijn dan 'ongezonde scholen' (RVO, 2015).

Frisse Scholen heeft de volgende grenswaardes vastgesteld voor de binnentemperatuur (Kurvers & Leijten, 2013). Een onder- of overschrijding van de grenswaardes heeft tevens een negatief effect op de productiviteit van de leraren en leerlingen (Seppanen, Fisk, & Lei, 2006).

Frisse scholen categorie	Binnentemperatuur (°C)
A	22 ± 1
B	22 ± 2
C	22 ± 3
Geen	< 19, > 25

(RVO, 2015)

Als de grenswaardes worden vergeleken met de uitgevoerde metingen bij scholen wordt er duidelijk dat bij scholen waar de klimaatinstallatie op de conventionele manier wordt aangestuurd de grenswaardes van categorie C gemiddeld 33 % van alle tijd worden onder- of overschreden. Dit betekent dat de scholen waar gemeten is bijna 1/3<sup>de</sup> van de lestijd als 'ongezond' worden beoordeeld. Bij de scholen waar de klimaatinstallatie wordt aangestuurd door Hero Balancer worden de grenswaardes van categorie C gemiddeld 15 % onder- of overschreden. Dit komt neer op minder dan de helft van de conventionele situatie. De duur van de overschrijdingen van beide situaties wordt weergegeven in onderstaande grafiek. De binnentemperatuur van deze scholen is gemeten tijdens het najaar van 2020, tijdens de coronacrisis. De ramen zijn tijdens deze periode verplicht geopend geweest waardoor de binnentemperatuur hoogstwaarschijnlijk lager uitpakt dan in een normale situatie.



# HERO BALANCER



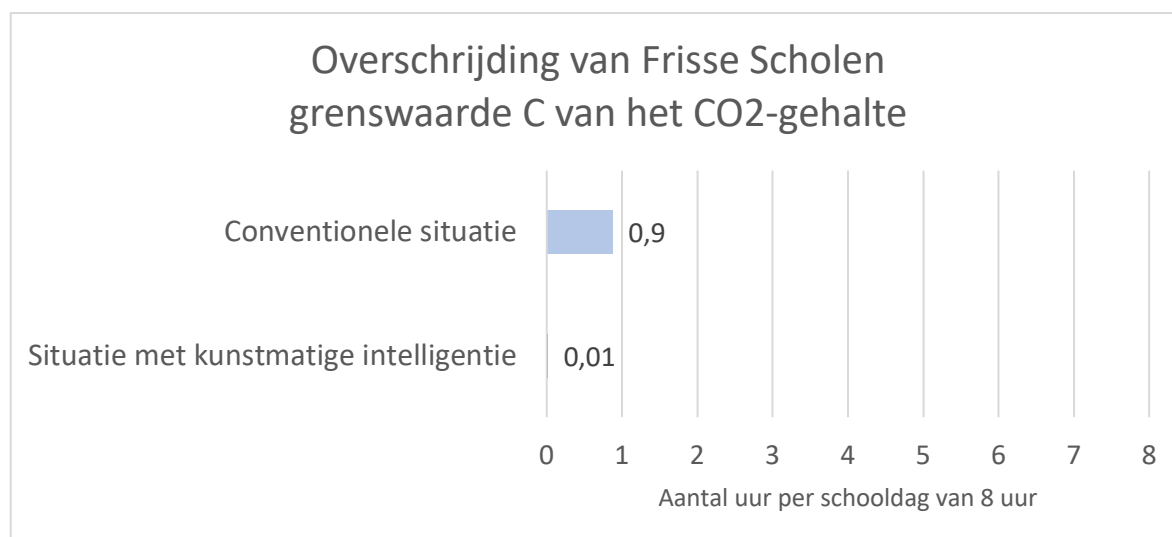
## CO<sub>2</sub>-gehalte

Frisse Scholen heeft ook grenswaardes voor het CO<sub>2</sub>-gehalte in klaslokalen opgesteld. De hoogte van het CO<sub>2</sub>-gehalte in scholen en andere gebouwen ligt ten tijden van de coronacrisis onder een vergrootglas. De hoogte van het CO<sub>2</sub>-gehalte zegt namelijk iets over de hoeveelheid verse lucht die in een ruimte aanwezig is. Hoe hoger het CO<sub>2</sub>-gehalte is, des te meer uitgedemde lucht zich in een ruimte bevindt. Deze lucht heeft dus ook een grotere kans om virusdeeltjes te bevatten (Pong & Jimenez, 2020). Ook heeft een hoog CO<sub>2</sub>-gehalte een negatieve invloed op de productiviteit van de leraren en leerlingen (Pacurar & Cernazanu, 2015) en er kunnen gezondheidsklachten zoals hoofdpijn, gewrichtspijn, duizeligheid en (over)vermoeidheid optreden (GGZ, 2019). De grenswaardes voor het CO<sub>2</sub>-gehalte worden hieronder weergegeven, de buitenlucht bevat ongeveer een CO<sub>2</sub>-gehalte van 400 ppm.

Frisse scholen categorie	CO <sub>2</sub> -gehalte (ppm)
A	< 800
B	800 - 950
C	950 - 1200
Geen	> 1200

(RVO, 2015)

Als de door ons gemeten waardes worden vergeleken met de grenswaardes van Frisse Scholen wordt er duidelijk dat in de situatie waar de klimaatinstallatie op de conventionele manier wordt aangestuurd de grenswaarde van categorie C gemiddeld 11 % van de totale lestijd wordt overschreden. Bij de situatie waar de klimaatinstallatie wordt aangestuurd op basis van kunstmatige intelligentie wordt de grenswaarde bijna niet overschreden (0,2 %). Dit wordt weergegeven in onderstaande grafiek.



Ook ligt de gemiddelde hoogste waarde per dag bij de conventionele situatie op 1262 parts per million, bij de situatie waar de klimaatinstallatie wordt aangestuurd op basis van kunstmatige intelligentie is dit 858 ppm. Dit betekent dat de grenswaarde van categorie C gemiddeld gezien elke dag in elk klaslokaal van de conventionele situatie wordt overschreden. In sommige gevallen wordt zelfs een CO<sub>2</sub>-gehalte van boven de 3000 parts per million behaald. Dit resulteert in toenemende gezondheidsklachten, een toenemende kans op besmetting van virussen en een lagere productiviteit.

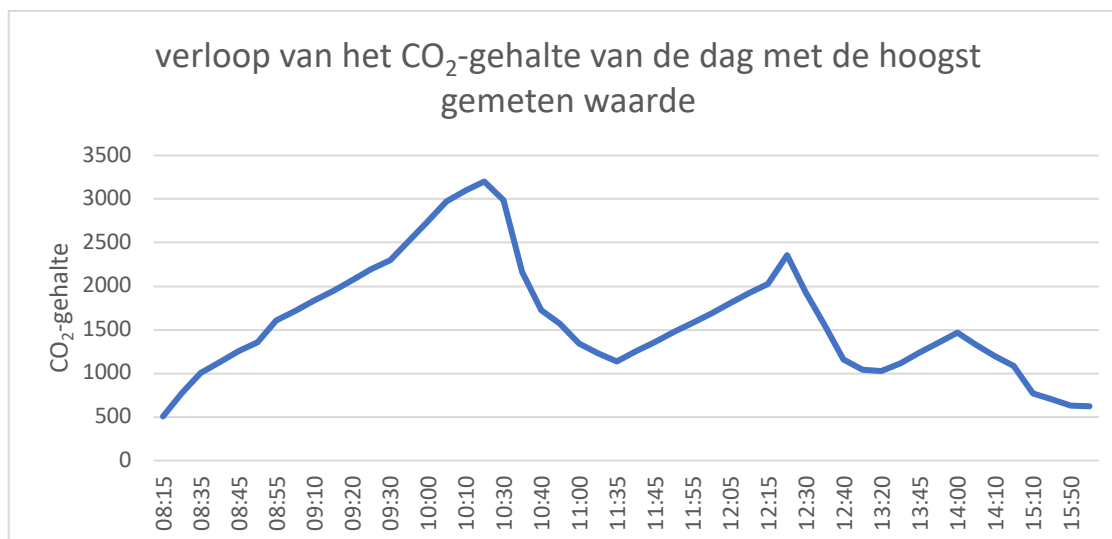
# HERO BALANCER





In het figuur hieronder wordt het verloop van het CO<sub>2</sub>-gehalte op de schooldag met de hoogst gemeten waarde laten zien. Hierin is te zien dat het CO<sub>2</sub>-gehalte een groot deel van de dag hoger ligt dan de bovengrens van 1200 ppm. Als dit naast de tijden wordt gehouden worden de volgende aannames gedaan:

- Rond 08:15/08:30 komen de leerlingen binnen: Het CO<sub>2</sub>-gehalte stijgt snel
- Rond 10:15 gaan de kinderen buiten spelen of hebben gym: Het CO<sub>2</sub>-gehalte daalt snel
- Rond 12:15 hebben de kinderen pauze: Het CO<sub>2</sub>-gehalte daalt snel
- Rond 14:00/14:15 is de schooldag afgelopen



Alle metingen van het CO<sub>2</sub>-gehalte zijn gedaan in het najaar van 2020, tijdens de coronacrisis. De ramen zijn tijdens deze periode verplicht geopend geweest waardoor het CO<sub>2</sub>-gehalte hoogstwaarschijnlijk lager uitpakt dan in een normale situatie.

## HERO BALANCER



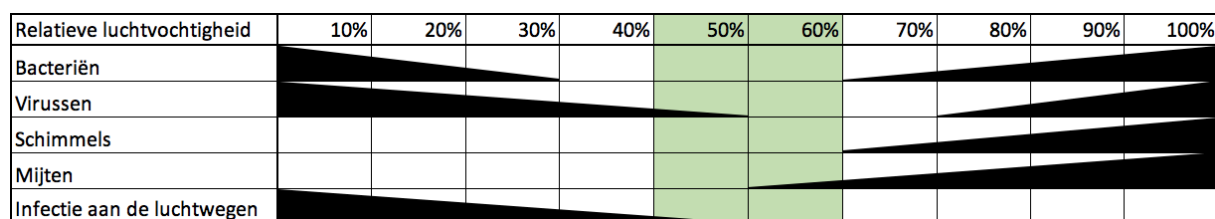


## Relatieve luchtvochtigheid

De Frisse Scholen campagne heeft geen grenswaardes opgesteld voor de relatieve luchtvochtigheid, dit terwijl de hoogte van de relatieve luchtvochtigheid wel degelijk effect heeft op de gezondheid van de gebruikers van het gebouw. De effecten op de gezondheid bij de verschillende hoogtes van de relatieve luchtvochtigheid worden in de tabel en het figuur hieronder weergegeven:

Relatieve luchtvochtigheid (%)	Effect
0 - 15	Slijmvliesproblemen
15 - 30	Huidhydratatie neemt af
<30	Last bij contactlensdragers
<30	Subjectieve gevoel van droogheid
30 - 40	Last bij eczeempatiënten
40 - 60	Comfortabel binnenmilieu
>60	Toenemend vermoeidheid en hoofdpijn
>70	Geurintensiteit

(Hall & Dusseldorp, 2008)



(Arundel & Sterling, 1986)

Als deze effecten worden vergeleken met de gemeten waardes wordt er duidelijk dat de relatieve luchtvochtigheid in scholen waar de klimaatinstallatie op de conventionele manier wordt aangestuurd én in scholen waar Hero Balancer de klimaatinstallatie aanstuurt gemiddeld gezien 49 % is. Dit ligt zeer dicht bij de optimale luchtvochtigheid van 50 %. Hier treden geen gezondheidseffecten op en bij deze luchtvochtigheid ligt de kans op overdracht van virussen ook lager (Lowen, Mubareka, Steel, & Palese, 2007), dit is ten tijden van de coronacrisis een zeer belangrijk punt.

De metingen zijn gedaan tijdens het najaar van 2020, tijdens de coronacrisis. De ramen zijn tijdens deze periode verplicht geopend geweest en de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht kan variëren van 20 tot 100 %. Het is mogelijk dat de metingen hierdoor beïnvloed zijn.

# HERO BALANCER

[www.herobalancer.com](http://www.herobalancer.com)

KvK: 69087822



[welkom@herobalancer.nl](mailto:welkom@herobalancer.nl)



BTW: NL857727163B01



Spanbroekerweg 162, 1715 GV Spanbroek



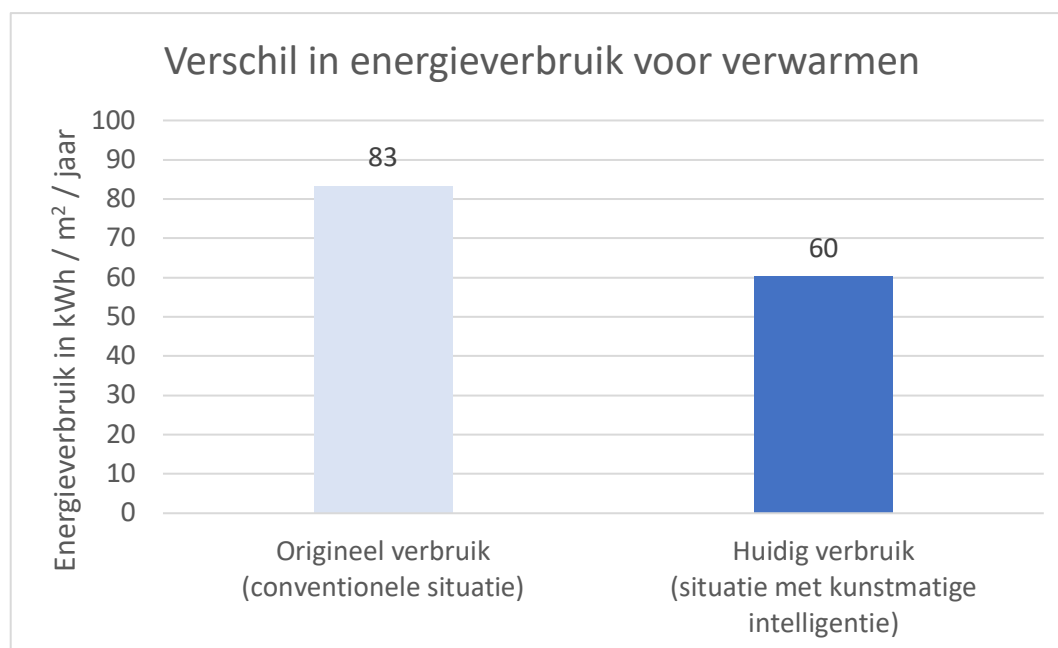
IBAN: NL89RABO0320886190



## Energieverbruik

Het energieverbruik tijdens de meetperiode is gemonitord bij de scholen waar de verwarming op basis van kunstmatige intelligentie wordt aangestuurd en vergeleken met het verbruik van voor deze periode. Omdat het waarschijnlijk kouder is geweest in één van deze periodes is het energieverbruik gecompenseerd op het weer door middel van de gewogen graaddagen methode, ook is er een factor toegepast om het energieverbruik te compenseren op de verplicht geopende ramen in klaslokalen vanwege de corona-pandemie.

Als het energieverbruik vervolgens vergeleken wordt komt er uit dat het energie verbruik met 24 % gedaald is van 83 naar 60 kWh / m<sup>2</sup> / jaar. Dit wordt in het figuur hieronder weergegeven.



# HERO BALANCER





## Bibliografie

Arundel, A. V., & Sterling, E. M. (1986). *Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environment*.

GGZ. (2019, mei). *te hoge co2 waarde is schadelijk voor de gezondheid*. Opgehaald van ggzweb.nl: <https://www.ggzweb.nl/te-hoge-co2-waarde-is-schadelijk-voor-de-gezondheid/>

Hall, E. F., & Dusseldorp, A. (2008). *Gezondheidseffecten van een lage relatieve luchtvochtigheid*. RIVM.

Kurvers, S. R., & Leijten, J. L. (2013). *Thermisch comfort: huidige en toekomstige normen*.

Lowen, A. C., Mubareka, S., Steel, J., & Palese, P. (2007). *Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature*. New York: PLOS Pathogens.

Pacurar, C., & Cernazanu, C. (2015). *A study of CO2 influence on student activity in classroom*. Elsevier.

Pong, Z., & Jimenez, J. L. (2020). *Exhaled CO2 as COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities*.

RVO. (2015). *Programma van eisen Frisse Scholen*.

Seppanen, O., Fisk, W. J., & Lei, Q. H. (2006). *Room temperature and productivity in office work*.

Versteeg, H. (2007). *Onderzoek naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen*. VROM.

# HERO BALANCER

[www.herobalancer.com](http://www.herobalancer.com)

KvK: 69087822



[welkom@herobalancer.nl](mailto:welkom@herobalancer.nl)

BTW: NL857727163B01



Spanbroekerweg 162, 1715 GV Spanbroek

IBAN: NL89RABO0320886190

