

LUCHTBEVOCHTING IN DE ZORG

NUT EN NOODZAAK

dr. Roberto Traversari (TNO)
dr. Marcel Loomans (TU Eindhoven)



WE SHARE THE KNOWLEDGE

TNO innovation
for life

TU/e EINDHOVEN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

› DISCLOSURE

Dr. Roberto Traversari / dr. Marcel Loomans

› I have the following potential conflicts of interest to report:

- ☐ Consulting
- ☐ Employment in industry
- ☐ Stockholder of a healthcare company
- ☐ Owner of a healthcare company
- ☐ Other(s)
- ☒ I do not have any potential conflict of interest

- Relatieve Vochtigheid (RV) draagt hier aan bij



EISEN?

› Prestatie-Eisen (bijv. Luchtkwaliteit)...

RIVM rapport 609021043/2007 Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu, een update

A. Dusseldorp, M. van Bruggen

Dusseldorp, A., van Bruggen, M. 2007. Gezondheidkundige Advieswaarden binnenmilieu, een update. Rapport 609021043/2007, RIVM, Bilthoven. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609021043.html>

WHO GUIDELINES FOR INDOOR AIR QUALITY



SELECTED POLLUTANTS

BENZENE

Summary of main evidence and decision-making in guideline formulation

Critical outcome(s) for guideline definition

- Acute myeloid leukaemia (sufficient evidence on causality).
- Genotoxicity (162–178,181–184,186).

Source of exposure–effect evidence

Occupational cohort study of male workers employed in Pliofilm manufacturing industry in China (190–192,196,197,217–220).

Supporting evidence

Occupational cohort studies in China (189,198–201), Italy (202,203), Norway (193), United States (194,195,205).

Results of other reviews

- IARC: Group I (known human carcinogen) (123,126).
- USEPA: Group A (known human carcinogen); the cancer risk for life-time exposure to 1 µg/m³ benzene is 2.2–7.8 in a million (124,221).

Guidelines

- No safe level of exposure can be recommended.
- Unit risk of leukaemia per 1 µg/m³ air concentration is 6 × 10⁻⁶.
- The concentrations of airborne benzene associated with an excess life-time risk of 1/10 000, 1/100 000 and 1/1000 000 are 17, 1.7 and 0.17 µg/m³, respectively.

Comments

No change in the guideline as compared to *Air quality guidelines for Europe* (2).

WHO. 2010. WHO Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization. Bonn. https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

Biologische agentia	GAW	Eenheid	Blootstellings-duur ²	Zie
Schimmels	-			2004
Schimmelcomponenten				2004
β(1→3)-glucanen	-			2004
Allergenen	-			2004
Mycotoxinen	-			2004
Microbiële VOC's	-			2004
Bacteriën	-			2004
Bacteriële componenten				2004
Endotoxinen	-			2004
Peptidoglycanen	-			2004
Huisstofmijtallergenen	-			2004
Huisdier- en kakkerlakallergenen	-			2004

GAW = Gezondheidkundige AdviesWaarde

› WAAROM DIT ONDERZOEK?

- › Iedere partij (ook in de gezondheidszorg) lijkt **eigen en strikte grenzen voor de RV** aan te houden...

Waarom specifiek interesse in de relatieve vochtigheid?

- › Luchtbevochtiging is **energie intensief** en hiervoor wordt vaak aardgas gebruikt
- › Er zijn nog **geen goede energiezuinige alternatieven voor handen** (geaccepteerd in de medische wereld)
- › Belangrijk klimaatdoel is het terugdringen van het aardgasgebruik en daarmee de directe **CO₂-emissie**
- › **Onderbouwing** voor de strenge **eisen RV**?
- › Eerst eisen RV vaststellen, dan of/hoe te realiseren. **Begin bij de 'bron'...**



› ONDERZOEKSVRAGEN EN AANPAK

- › 1. Wat is de noodzaak van bevochtiging in zorghuisvesting vanuit het oogpunt van de veiligheid en het comfort van de patiënt en het medewerkers en is er een onderscheid in functies?

- › RV in relatie tot micro-organismen en virussen
- › Effect van RV op het functioneren van medische apparatuur
- › Effect van RV op de fysiologie van de mens
- › Effect van RV op het ervaren welzijn en comfort

Literatuurstudie
(Kennisbasis)

- › 2. Op welke alternatieve, meer energievriendelijke wijze, kan bevochtiging worden gerealiseerd?

- › Praktijk ten aanzien van bevochtiging: gehanteerde eisen en gebruik luchtbevochtigingsinstallatie(enquêtes en interviews)
- › Alternatieven voor stoombevochtiging

Inventarisatie bij
ziekenhuizen

› SAMENWERKING

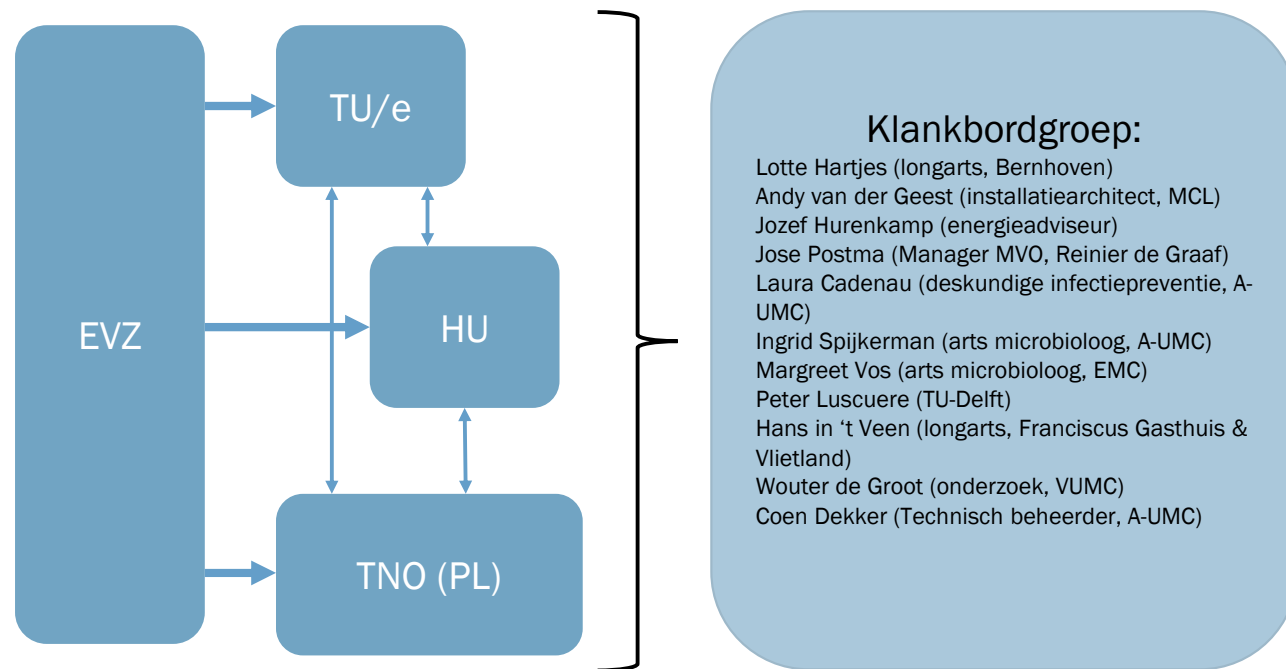
INITIATIE ONDERZOEK VANUIT HET EXPERTISECENTRUM VERDUURZAMING ZORG (EVZ)

› Samenwerking tussen:

- › TU/e
- › Hogeschool Utrecht
- › TNO

› Financiering onderzoek:

- › EVZ
- › NVZ
- › NFU



› KENNISBASIS LITERATUUR

METHODE

- › 1. Identificeren relevante literatuur
 - › Tot nov 2020
 - › Zo breed mogelijk: Systematische review
 - › Direct
 - › Zoekterm categorieën: Indoor air quality, thermal comfort, micro-organismen en virus

Binnenluchtkwaliteit	Omgeving	Perceptie/beleving/ comfort	Micro-organismen/ virussen
Indoor air humidity	Cure sector	Perceived	Infectious concentrations
Indoor air quality	Operation rooms	Headache	Virus viability
Relative humidity	Hospitals	Dry eyes	Particulate matter
Absolute humidity	Healthcare	Dry skin	
Moisture content	Office environment	Mental performance	
Temperature	School environment	Work performance	
Thermal	Hospital environment	Perceived air quality	
Thermal comfort	Healthcare environment	Airways	
Humidity ratio		Staff outcomes	
Ventilation systems		Patient outcomes	
Indoor climate		Sick leave	
Indoor environment		Fatigue	
		Electrostatic discharge	
Thermal environment		Productivity	

KENNISBASIS METHODE

METHODE

2. selectie studies

2 reviewers p

Inclusie refere
in gelezen liter
N=12

Publicaties
geïdentificeerd door
database screening
N=930

Duplicaties
N=11

Toelichting Rubric								
Weging			Goed 3	Voldoende 2	Onvoldoende 1	Ontbreekt 0	Opmerkingen/Toelichtingen	Score
	1. Reliability		De vraagstelling is adequaat geformuleerd	Er is een vraagstelling geformuleerd	De vraagstelling is onduidelijk geformuleerd	Er is geen vraagstelling		3
			De belangrijkste kenmerken van de oorspronkelijke onderzoeken zijn beschreven	Er worden kenmerken van onderzoeken beschreven	Er worden weinig tot geen kenmerken van onderzoeken beschreven.	De kenmerken van de oorspronkelijke onderzoeken worden ontbreken in zijn geheel.		3
	2. Context		Er wordt een relatie gelegd tussen relatieve vochtigheid en gezondheid en comfort in een ziekenhuisomgeving	Er wordt een relatie gelegd tussen relatieve vochtigheid en gezondheid en comfort in een andere context dan een ziekenhuisomgeving	Er wordt enkele tot geen aspecten van indoor air quality beschreven in relatie tot bevochtiging.	Er worden geen aspecten van indoor air quality beschreven in relatie tot bevochtiging.		3
	3. Methode	3.1. Algemeen	De methode is uitgebreid beschreven. Op basis van de methode kan het onderzoek op dezelfde manier worden uitgevoerd	De methode is beschreven	De methode is summier beschreven en het wordt niet inzichtelijk gemaakt hoe het onderzoek precies is uitgevoerd.	De methode is niet aanwezig		3
			Er wordt daadwerkelijk gemeten aan indoor air quality	Er wordt gevraagd naar perceived air quality bijv. dmv. vragenlijsten	Er wordt gevraagd naar meningen	nvt		3
		3.2 Soort Studie	Het is een systematic review	Cohort studie	Het gaat om een praktijkervaring	nvt		3
			RCT Er wordt een voor- en na situatie beschreven	Het is een literatuurstudie Het gaat om een (meervoudige) casestudie	Mening			3
		3.3. Interventies	Wordt de bevochtiging in ziekenhuizen beoordeeld	Wordt de bevochtiging in een andere context beoordeeld?	Wordt bevochtiging meegenomen in de beoordeling van het binnenklimaat van ziekenhuizen?	nvt		3

KENNISBASIS RESULTATEN (VOORBEELD)

	Thema	Score	Omgeving	Type Studie	Micro organismen				
	Subthema	MAX. 27			Schimmels	Bacteriën	Virussen	Mijten	Allergenen
[Dabisch et al., 2021]		24	AC	EXP			RV 20%-70% [T=10-30°C] inactivatie SARS-CoV-2 nauwelijks beïnvloed.		
(Wolkoff, 2018)		23	KO	LS			RV > 40% Virus ↓		
(Shajahan et al., 2019b)		22	ZO	LS	RV > 45%-50% bevordert schimmelgroei	RV > 45%-50% beïnvloedt concentratie bacteriën	T=30°C bij een RV 50% om griepvirussen te beheersen		RV > 45%-50% beïnvloedt concentraties allergenen
(Božić, Ilić, & Ilić, 2019)		21	ZO	CS	→ RV 30% - 40% *	→ RV 30% - 40% *			
(Heutte et al., 2017)		21	ZO	EXP	RV kan worden beschouwd als omgevingsdeterminant van schimmels in de lucht.				
(Pyankov, Bodnev, Pyankova, & Agranovski, 2018)		21	LO	EXP			Overleving neemt af bij hete en droge lucht *		
(Mousavi et al., 2019)Iran		21	ZO	CS	RV 23% - 33% *	coagulase-negative staphylococci (68%), Micrococcus, bacillus RV 23% - 33% *			
(Yang, Elankumaran, & Marr, 2012)		20		LO			Influenza virus en de levensvatbaarheid; RV <50% ↑*		
(Lowen & Steel, 2014)		19,5	ONB	EXP			Transmissie tussen gastheren ~100% bij T=5°C en RV 20% -35%		
(Peccia, Werth, Miller, & Hernandez, 2001)		19,5	AC	EXP		Afname inactivatie bij gebruik UV-C bij RV>50%; Natuurlijke inactivatie wordt niet beïnvloed door RV in range 20%-90% *			

› RESULTATEN + DISCUSSIE

RV IN RELATIE TOT MICRO-ORGANISMEN EN VIRUSSEN

- › 22 studies geïnccludeerd, 11 studies in een ziekenhuisomgeving
- › Onderscheid gemaakt in **schimmels, bacteriën, virussen, mijten en allergenen**
- › **Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid** beïnvloeden de microbiële groei
- › De condities waaronder de **overlevingskans** het grootst is, verschilt per organisme en het is niet mogelijk een specifieke waarde hiervoor te noemen
- › In het algemeen: **vermijd lage en hoge RV-waardes**
- › Bijdrage RV op het ontstaan van een **besmetting** onduidelijk

› **RESULTATEN + DISCUSSIE**

RV IN RELATIE TOT FUNCTIONEREN VAN MEDISCHE APPARATUUR

- › 4 studies geïnccludeerd,
- › Effect RV door potentie van elektrostatische ontlading (Electrostatic discharge - ESD)
- › Effect RV afhankelijk van specifieke apparaat en de specificaties
- › Veelal minimale eis RV 30%, maar niet even belangrijk voor alle medische apparatuur
- › Met name beeldvormende technieken (zoals MRI) lijken gevoelig voor te lage RV

› RESULTATEN + DISCUSSIE

EFFECT VAN RV OP DE FYSIOLOGIE VAN DE MENS

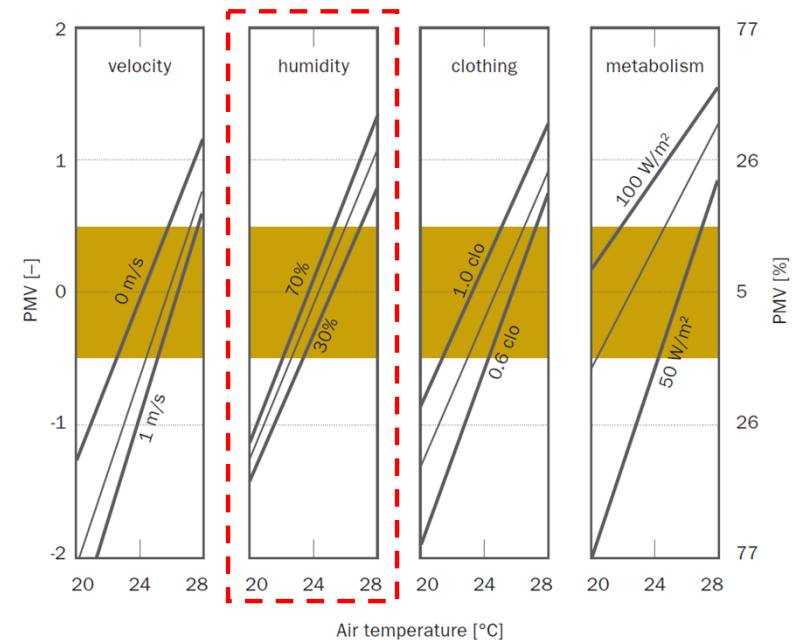
- › 13 studies geïnccludeerd, 4 studies in een ziekenhuisomgeving
- › RV waarde < 30% oogklachten en luchtwegklachten nemen toe
- › RV waarde < 30% een significante verslechtering van bescherming van het **neusslijmvlies** bij ouderen
- › Studiebependingen
 - › Duur blootstelling onbekend of veelal beperkt (maximaal enkele uren)
 - › Langdurige blootstelling (enkele dagen) is niet onderzocht
 - › Nagenoeg geen studies gerelateerd aan specifieke functies in zorghuisvesting
 - › Mogelijk speelt gewenning aan omgevingscondities ook een rol

› RESULTATEN + DISCUSSIE

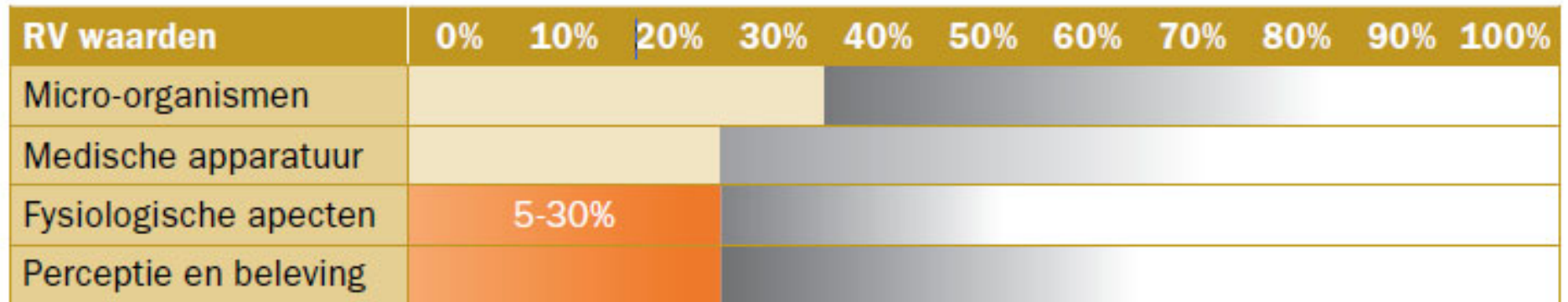
EFFECT VAN RV OP HET ERVAREN WELZIJN EN COMFORT

› 17 studies geïnccludeerd, 5 studies in een zorgomgeving

- › Effecten van de RV op de perceptie van droge lucht lijken beperkt te blijven.
- › Individuele gevoeligheid kan effect hebben op deze perceptie
- › Juiste materiaal (bijvoorbeeld schoeisel (geleidend) en beddengoed (katoen)) kan ESD beperken. RV kan deze vorm van ESD verminderen maar niet volledig voorkomen



› CONCLUSIES LITERATUURSTUDIE (KENNISBASIS)



› CONCLUSIES LITERATUURSTUDIE (KENNISBASIS)

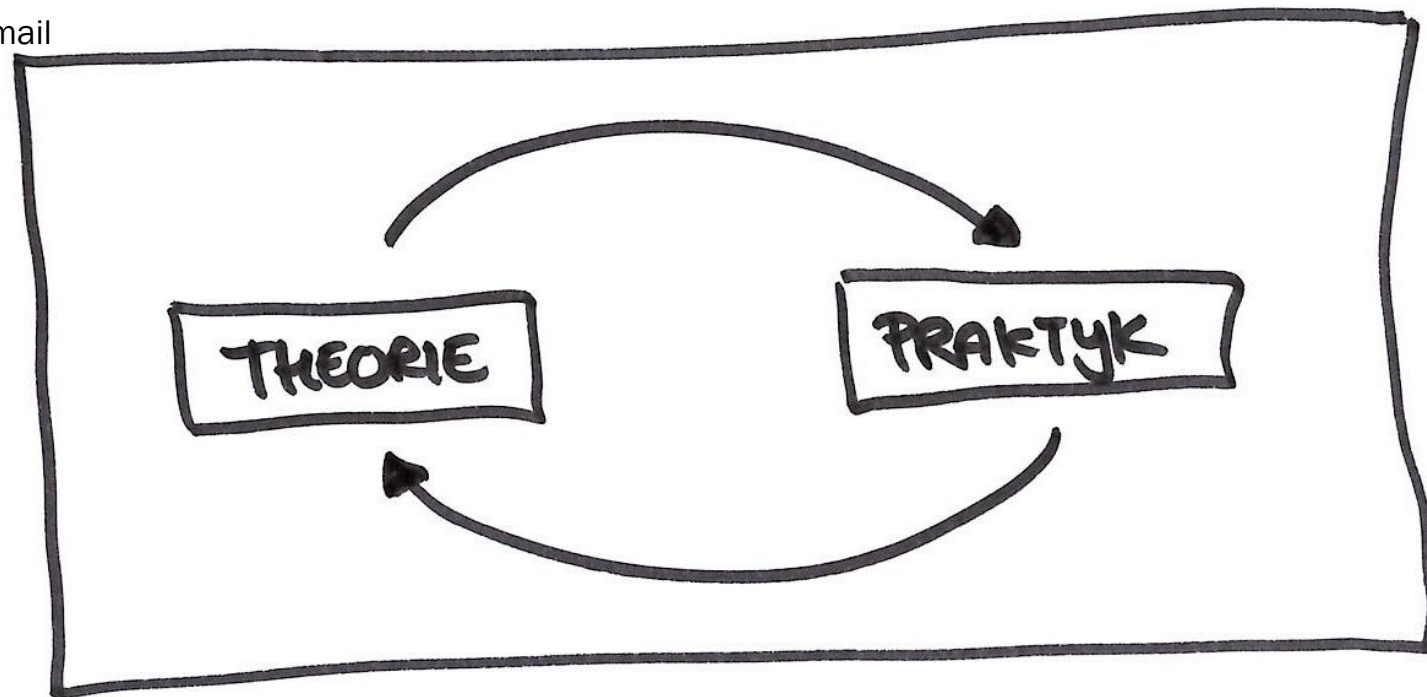
OPMERKINGEN

- › Beperkt onderzoek beschikbaar gerelateerd aan de **zorghuisvesting**
- › Onvoldoende kwantitatieve onderbouwing te geven voor huidige gehanteerde waarden voor de RV
- › Indicatieve ondergrens van 30% RV lijkt wenselijk (medische apparatuur, fysiologische aspecten en welzijn en comfort)
- › Voor micro-organismen en virussen is geen algemene relatie gevonden
- › Geen bovengrens voor RV geadviseerd, geen eenduidig optimum voor alle vier de thema's
- › Geen advies op ruimteniveau
 - › per ruimte of functie afweging tussen aanwezigheid van (*medische*) *apparatuur*, aanwezigheid van *patiënten* (*fysiologie, comfort*) RV en energiegebruik



› DE PRAKTIJK IN NEDERLANDSE ZIEKENHUIZEN

- › Interview met 20 ziekenhuizen
 - › Telefonisch en eventueel per e-mail
- › Bekende richtlijnen
- › Wel of geen luchtbevochtiging
- › Delen of geheel ziekenhuis
- › Setpoint en functiegroep



› RICHTLIJNEN

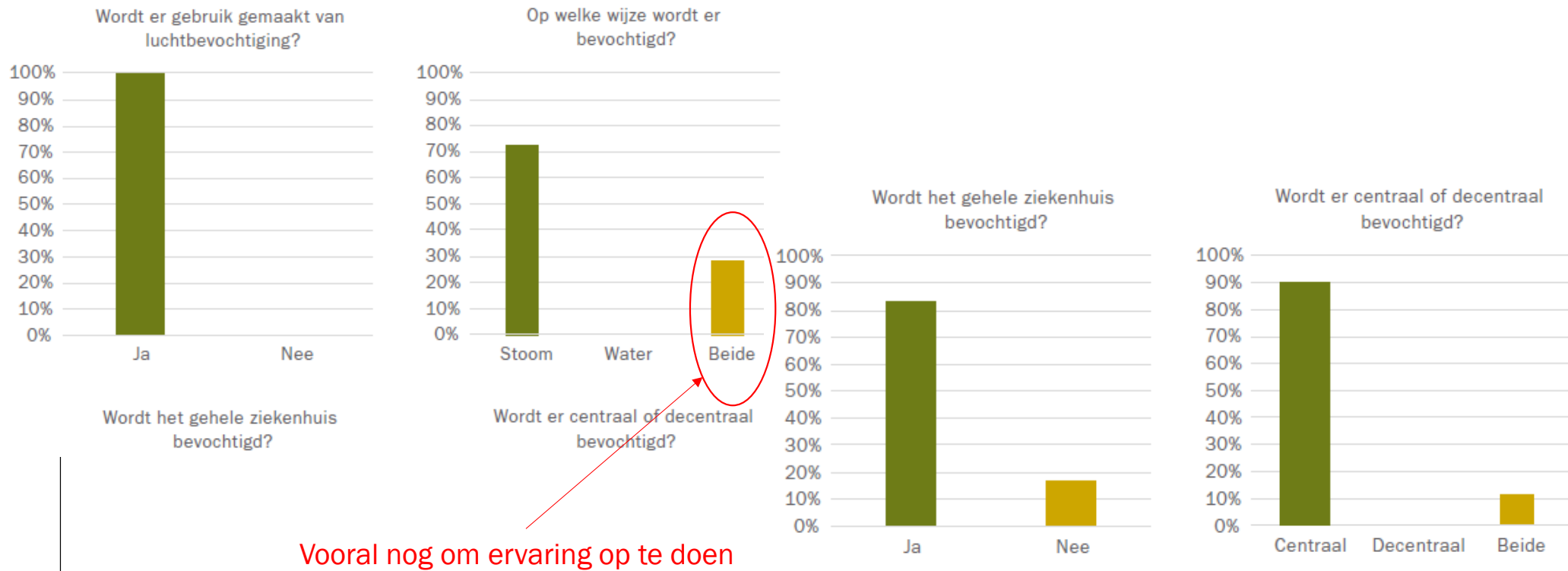
- › ASHRAE 170-2017 (20-60%)
- › DIN1946-4 (30-60%)
- › ÖNORM H 6020:2007 (40-61%)
- › UNI 11425 (5/30-60%)
- › College Bouw Ziekenhuisvoorzieningen (CBZ) (50 - 75%)
- › WIP richtlijn 'Luchtbehandeling in operatiekamer en opdekruimte in operatieafdeling klasse 2014 (40-65%)
- › ARBO-eisen (30-70%)

- › Onduidelijk waarop deze eisen zijn gebaseerd
- › Grote variatie tussen de eisen voor minimale en maximale RV



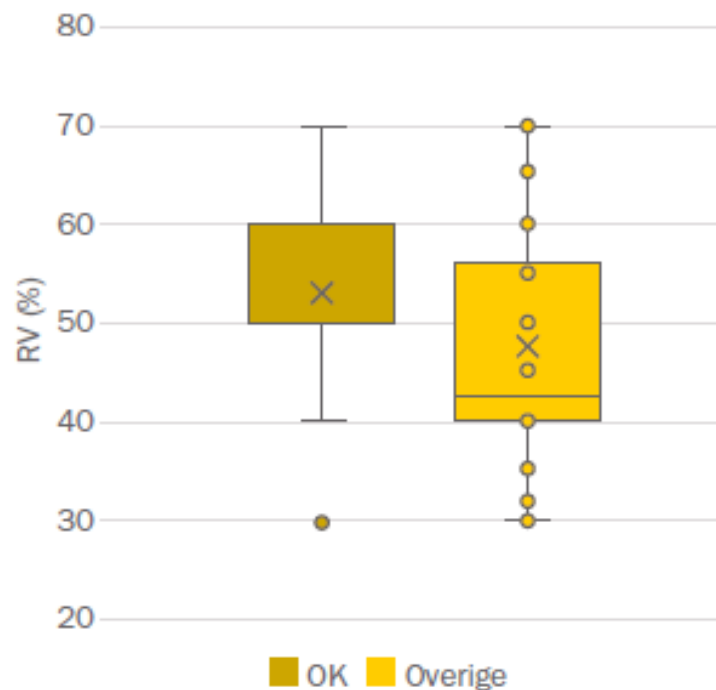
› SITUATIE IN NEDERLAND

INTERVIEUWS MET ZIEKENHUIZEN



Onderscheid naar functie wordt vrijwel niet gemaakt

› RANGE SETPOINT LUCHTBEVOCHTING ZIEKENHUIZEN EN MEDISCHE APPARATUUR



Ziekenhuizen geven aan

	RV	
	min	max
Infuuspompen	30	90
Echo	35	85
EMG	20	80
Laser	30	80
PET/CT	20	75
Bewakingsmonitor	15	95
Voedingspomp	30	75
Diathermie	15	80
Transcutane pO ₂ /PCO ₂ meter	20	80
Bloeddrukmeter	15	90
AED	10	95
CTG		95
ECG	10	90

MRI: 20%-80%RV, (representatief voor een grote selectie van medische apparatuur)
Bij vloeren een synthetische oorsprong: ondergrens van 30%RV

› EISEN APPARATUUR LEVERANCIERS

- › Moet je hiervoor een volledig ziekenhuis bevochtigen?
- › Zou je niet beter de betreffende ruimte kunnen bevochtigen?

	RV		T		
	min	max	min	max	
Vivid E95 (cardiologie) ¹⁹	30	85	10	35	operationeel
LOGIQ E10 (radiologie) ²⁰	10	95	-20	60	opslag
	30	80	10	35	operationeel
	30	80	-10	50	opslag
Vereos (PET/CT) ²¹	35	75	18	24	
Azurion (image-guided therapy platform) ¹⁸	20	80	10	30	

› INDELING LUCHTBEVOCHTIGINGSTECHNIEKEN



Eisen vanuit patiëntveiligheid zijn niet duidelijk

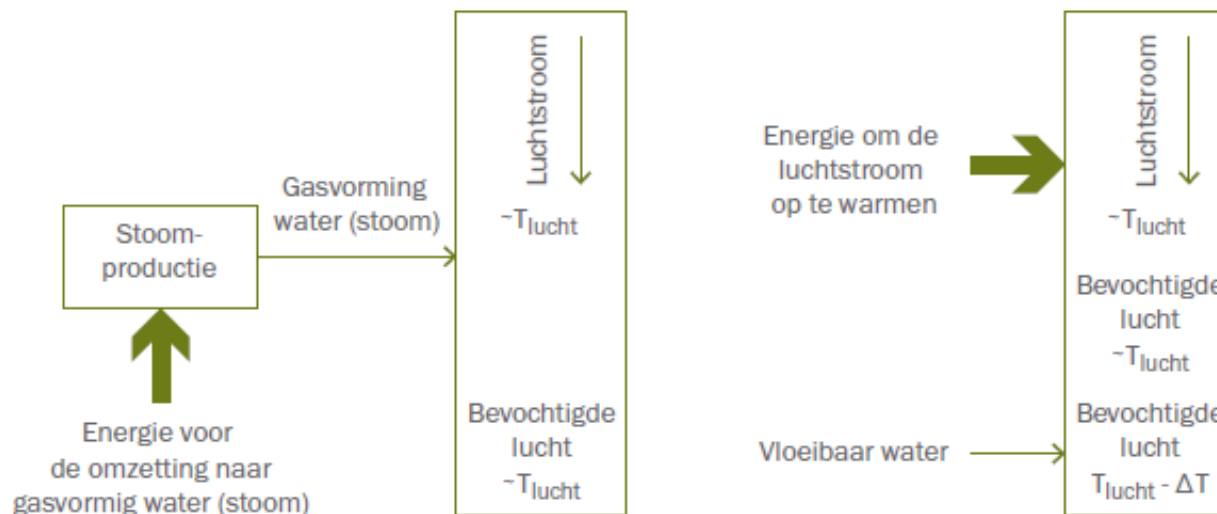
- Welke micro organismen kunnen een gevaar vormen?
- Hoe monitor je dat?

› MICROBIOLOGISCHE VEILIGHEID VDI 6022

- › KVE meting via dipslides
- › Als 3 maal achtereenvolgens < 1.000 KVE/ml wordt gemeten kan de frequentie om laag
- › Zijn deze eisen voldoende en waarop zijn deze gebaseerd?

	1 maand	3 maanden	6 maanden
Bevochtigingssystemen met recirculatie			
→ Check voor contaminatie, schade, microbiologische groei en corrosie	✓		
→ Bepaal de hoeveelheid kolonievormende eenheden (KVE/ml)	Semi-maandelijks		
Controleren van de nozzles	✓		
Checken van de recirculatiepomp		✓	
Bevochtigingssystemen zonder recirculatie			
→ Check voor contaminatie, schade, microbiologische groei en corrosie	✓		
Check bevochtigingscomponent			✓
Checken van de nozzles	✓		
Checken van de afvoer			✓
→ Bepaal de hoeveelheid kolonievormende eenheden (KVE/ml) – stoombevochtigingssystemen uitgezonderd		✓	
Check de luchtfilters		✓	
Check de luchtkanalen			✓

› VOOR DE VERDAMPING VAN TOEGEVOERD VOCHT WARMTE NODIG



Waterbevochtiging heeft aandacht nodig voor preventie van micro-organismen

In de zomer helpt verdamping van lucht de koelvraag te reduceren in de winter moet extra warmte worden toegevoerd voor de verdamping

› CONCLUSIES HUIDIGE SITUATIE

- › De gehanteerde eisen in ziekenhuizen zijn strikt als het gaat om operatieafdelingen. Dit wordt vaak doorgetrokken naar andere functiegroepen of zelfs het gehele ziekenhuis
- › Vanuit het medisch handelen is er geen relatie met de minimale of maximale vochtigheid gevonden.
- › Voor het toepassen van specifieke medische apparatuur kan een ondergrens worden gegeven vanuit het oogpunt van aansprakelijkheid. Dit wil niet zeggen dat er onder deze grens problemen ontstaan.
- › Stoombevochtiging wordt momenteel het meest toegepast.
 - › Het produceren van stoom is een energie-intensief proces.
 - › Ziekenhuizen overwegingen alternatieven (zoals waterbevochtiging)
- › Er is aandacht voor de vraag of luchtbevochtiging in het gehele ziekenhuis noodzakelijk is.

› CONCLUSIES HUIDIGE SITUATIE

- › Er zijn verschillende vormen van bevochtigingstechnieken beschikbaar
- › Stoombevochtiging wordt aangeraden door verschillende normen, standaarden en richtlijnen
- › Een alternatief voor stoombevochtiging is het toepassen van waterbevochtiging, de eisen zijn nog onduidelijk
- › Welk principe energetisch het meest efficiënt is kan niet eenduidig worden aangegeven
- › Indien waterbevochtiging wordt toegepast dient de microbiologische veiligheid te zijn aangetoond

› **BEDANKT VOOR
UW AANDACHT**

TNO innovation
for life

