

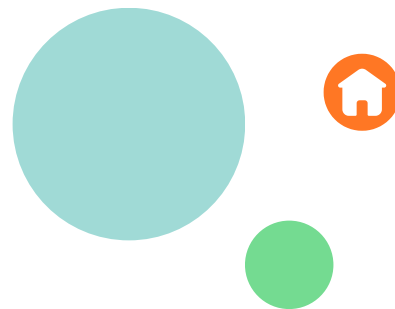


[Begin met lezen](#)



Luchtbehandeling operatiekamers: veel potentie voor energiebesparing





Landelijk Netwerk de Groene OK

Luchtbehandeling

uitkomsten onderzoek Werkgroep Energie



Voorwoord

Dit document markeert een belangrijke stap in het verduurzamen van de zorg en draagt bij aan het realiseren van de klimaatdoelstellingen zoals vastgelegd in de Green Deal 3.0 'Samen werken aan Duurzame Zorg'.

Operatiekamers vormen een uniek onderdeel van het ziekenhuis met een bijzonder hoog energieverbruik, grotendeels veroorzaakt door de luchtbehandeling. Het verminderen van dit verbruik biedt niet alleen aanzienlijke mogelijkheden voor CO₂-reductie, maar draagt ook bij aan substantiële kostenbesparingen. In dit rapport presenteren wij de resultaten van onderzoek naar concrete en haalbare maatregelen die bijdragen aan een duurzamere en energiezuinigere operatiekamerzorg.

Dit rapport is het resultaat van een samenwerking tussen het Landelijk Netwerk de Groene OK en partners:

- RadboudUMC
- TU Delft
- UMC Utrecht
- TNO
- Royal HaskoningDHV
- Pro OK Advies
- Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Hun expertise en betrokkenheid waren van onschatbare waarde voor de totstandkoming dit document.

Met dit document hopen wij niet alleen inzicht te geven in het energiebesparingspotentieel, maar ook zorgprofessionals en ziekenhuizen te inspireren en ondersteunen in hun streven naar duurzame zorg. Samen kunnen we stappen zetten naar een toekomst waarin hoogwaardige zorg hand in hand gaat met klimaatbewust handelen.

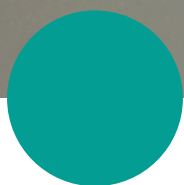
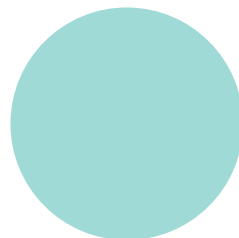
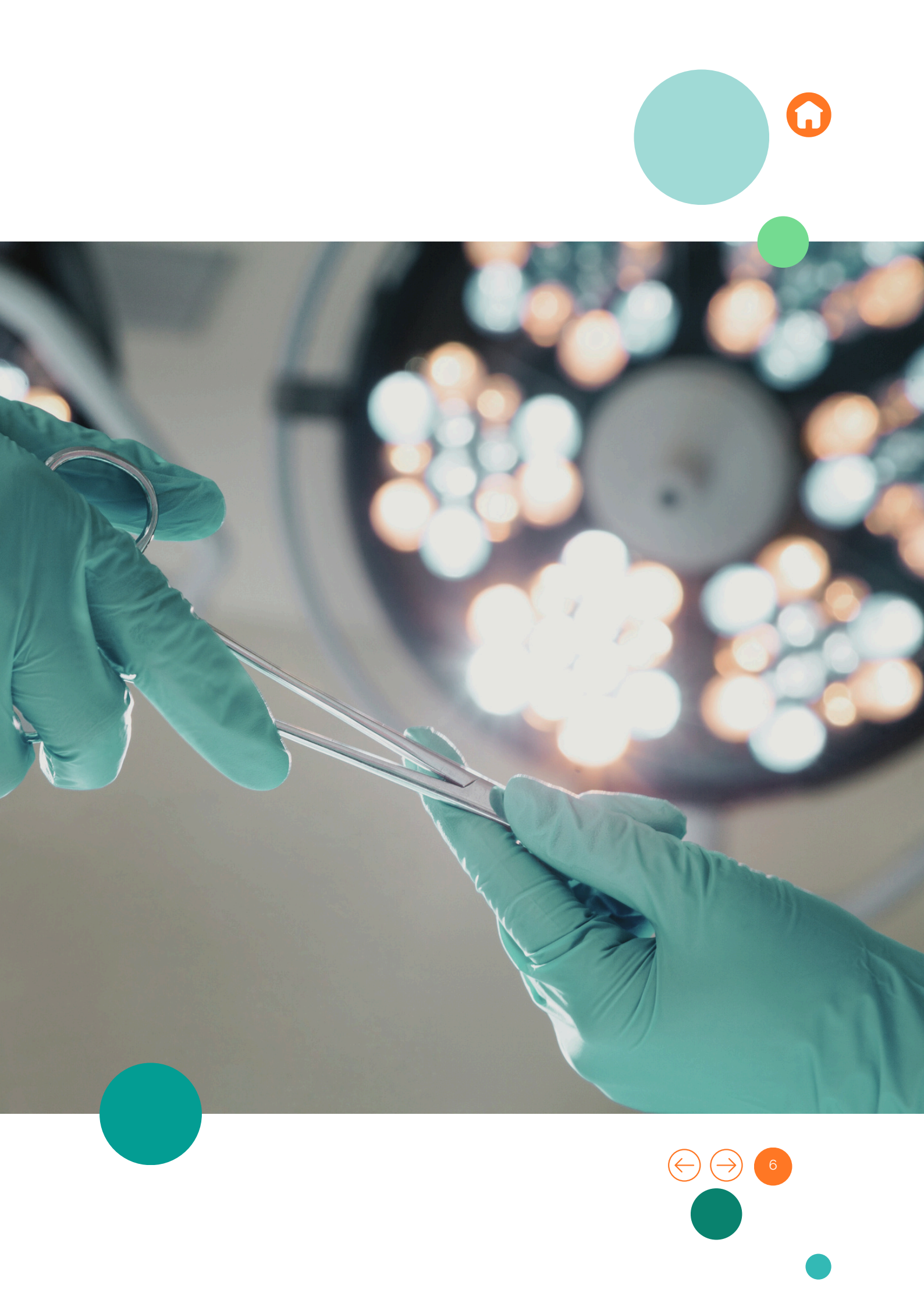
Wij wensen u veel inspiratie en praktische handvatten toe bij het lezen van dit rapport.

Landelijk Netwerk de Groene OK
Namens de werkgroep Energiereductie



Inhoud

4	Voorwoord
7	Samenvatting
8	Inleiding - naar een groenere en energiezuinigere OK
9	Achtergrond - wat is luchtbehandeling en wat is de functie?
11	Fase 1: Energiebesparingsmogelijkheden
12	Fase 2: Enquête Nederlandse Ziekenhuizen
17	Fase 3: Metingen bij 8 ziekenhuizen in 9 operatiekamers, berekeningen met een rekenmodel om potententiele energiebesparing te bepalen
20	Conclusie
21	Vervolg
22	Over de auteurs
24	Bijlage 1 - Referenties
25	Bijlage 2 - Deelnemende OK-centra - enquête en metingen





Samenvatting

Luchtbehandelingsinstallaties zijn geavanceerde, energie-intensieve systemen, ontwikkeld vanuit een uitgangssituatie waarin energiebesparing en verduurzaming in de zorgsector nog geen prominente thema's waren. Aanpassing van de luchtbehandeling op operatiekamers (OKs) kan tot een grote reductie van energieverbruik leiden. Dat geeft een positieve impuls aan de verduurzaming van OK-zorg en resulteert in een financiële besparing op de energiekosten.

De werkgroep Energiereductie, onderdeel van het Landelijk Netwerk De Groene OK, heeft onderzoek gedaan naar het besparingspotentieel van de luchtbehandeling op Nederlandse operatiekamers. Dit onderzoek is gefinancierd vanuit het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) op basis van de Urgenda agenda maatregel 51.

Met een enquête onder 51 (55%) operatiecomplexen kregen we inzicht in de huidige stand van zaken en konden we potentiële besparingsmaatregelen definiëren. Via metingen in 9 operatiekamers (van 8 ziekenhuizen) konden we een rekenmodel gebaseerd op luchttoestandsgrootheden voeden om daarmee de potentiële energiereductie te berekenen. De potentiële energiereductie is aanzienlijk. De daaraan gerelateerde CO₂-uitstoot is afhankelijk van de manier van opwekken van energie. Dat hebben we in dit onderzoek niet meegenomen.

De maatregelen met de meest interessante besparingsmogelijkheden zijn:

- Het verruimen van de luchtvochtigheidsgrenzen naar 30-70%
- Het instellen van kloktijden/sensoren (op een lagere stand schakelen buiten werktijden)
- Het reduceren van de hoeveelheid toegevoerde buitenlucht (ODA) die verwarmd, gekoeld, en be-/ontvochtigd moet worden
- Het reduceren van de totale luchthoeveelheid die per uur wordt gewisseld ('klasse' OK switchen)

Relatief eenvoudige aanpassingen om energie te besparen zijn onder andere het verruimen van de relatieve vochtigheidslimieten en het invoeren van operationele kloktijden. Met het installeren van een bewegingssensor kan ook overdag de ventilatie worden verlaagd als de OK niet in gebruik is.

Het verlagen van de ODA heeft groot effect op energiebesparing ten opzichte van de referentiesituatie. Het verlagen van ODA is in bestaande faciliteiten vaak niet eenvoudig.

Het schakelen tussen Klasse 1+ en klasse 1 zou met een extra schakelaar vanuit het bedienpaneel uitgevoerd kunnen worden.

Per ziekenhuis zal bekeken moeten worden, afhankelijk van het type luchtbehandeling en het gebruik, wat technisch haalbaar is. Welke maatregelen interessant zijn, hangt af van de reeds genomen maatregelen, opzet van het systeem en de situatie ter plaatse.



Inleiding

Naar een groenere en energiezuinige(re) OK

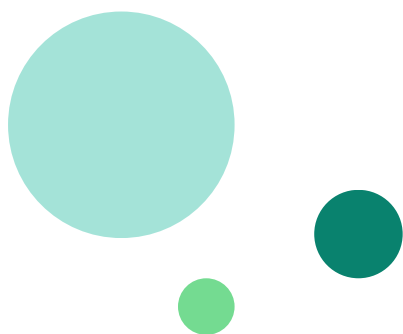
Landelijk Netwerk de Groene OK is een samenwerkingsverband van vijftien wetenschappelijke en beroepsverenigingen die de zorg op de OK willen verduurzamen, en is medeondertekenaar van de Green Deal 3.0 'Samen werken aan Duurzame Zorg'. Het Landelijk Netwerk stimuleert en ondersteunt individuele medisch specialisten en zorgprofessionals die werkzaam zijn op de OK om op duurzame wijze bij te dragen aan de klimaatdoelstellingen.

Er zijn binnen het netwerk 5 pijlers: de leidraad duurzaamheid, dampvormige anesthetica en medicatie afval, de groene barometer, werkgroep plastic en circulair en de werkgroep energie. De werkgroep Energie houdt zich bezig met energiebesparing en CO₂-reductie op het operatiecomplex, met als zwaartepunt de luchtbehandeling.

Het energieverbruik van een operatiecomplex is wezenlijk anders dan dat van een volledig ziekenhuis. Voor een operatiecomplex geldt namelijk dat meer dan 90% van het energieverbruik veroorzaakt wordt door de luchtbehandeling. Energiebesparing op het operatiecomplex realiseren levert een significante CO₂-reductie op. Eerder onderzoek liet al zien dat isolatiekamers en operatiekamers (OK's) het hoogste energiebesparingspotentieel in een ziekenhuis hebben [1] en dat wereldwijd circa 6% van het totale energieverbruik in de bouwsector bestaat uit het energieverbruik in medische centra [2].

We hebben onderzoek kunnen doen naar het besparingspotentieel van de operatiekamers in Nederland. Dit onderzoek wordt gefinancierd vanuit het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) op basis van de Urgenda agenda maatregel 51.

De resultaten van dit onderzoek dragen direct bij aan het streven van ziekenhuizen om CO₂-reductie te bereiken en kunnen opgenomen worden in de CO₂-routekaarten van ieder ziekenhuis.





Achtergrond

Wat is luchtbehandeling en wat is de functie

Luchtbehandeling betekent dat de lucht, door installaties, ververst wordt, waardoor er een omgeving ontstaat waarin zo min mogelijk deeltjes rond dwarrelen. Dat wordt gedaan omdat bacteriën mee kunnen reizen op die deeltjes en daardoor mogelijk een postoperatieve wondinfectie (POWI) zouden kunnen veroorzaken.

Om de schone lucht te bewerkstelligen staan er indrukwekkende installaties op een, aan het oog onttrokken, verdieping boven de operatiekamers. Een deel van de lucht is ('dure') buitenlucht en een deel wordt gerecirculeerd. De buitenlucht is duur omdat deze verwarmd, gekoeld, be-/ontvochtigd moet worden. Ook moet er een grote hoeveelheid lucht door kanalen worden getransporteerd van en naar de operatiekamers. Hoe meer bochten en hoe langer deze kanalen zijn, hoe meer weerstand er ontstaat. En: hoe meer weerstand, hoe meer ventilatorenergie er nodig is om de luchthoeveelheid te transporteren. In deze [video](#) is de technische laag van een operatiecomplex te zien.

We onderscheiden drie klassen operatiekamers, namelijk: klasse 1+, klasse 1 en klasse 2 ([FMS richtlijn 2022](#) [3]). Voor een OK klasse 1+ en 1 geldt de eis dat er drie drukzones op het OK-complex moeten zijn. Voor een OK klasse 2 volstaan 2 drukzones.

Naast het verschil in het aantal drukzones variëren per klasse de gestelde eisen zoals het minimaal aantal luchtwisselingen en de ISO-classificatie, volgens NEN-EN-ISO 14644-1, voor wat betreft de maximale deeltjesconcentratie van de ruimte. Het verhogen van de hoeveelheid aan de operatiekamer toegevoerde lucht leidt tot minder deeltjes in de ruimte en tevens tot een sneller herstel van de luchtkwaliteit in de operatiekamer (hersteltijd) [4]. Een kortere hersteltijd van de luchtkwaliteit in de operatiekamer zorgt ook voor een lager aantal gemeten kolonievormende eenheden per m³ (KVE/m³). ISO 5 en ISO 7, volgens NEN-EN-ISO 14644-1, zegt iets over de maximaal toegestane concentratie aan deeltjes in de lucht bij een bepaalde situatie. Bij ISO 5 is het aantal toegestane deeltjes/m³ met een grootte van $\geq 0,5 \mu\text{m}$ 3.520 per m³ en bij ISO 7 is het aantal toegestane deeltje/m³ van $\geq 0,5 \mu\text{m}$ 352.000 per m³.

Bij infectiegevoelige operaties (grote gewrichtsvervangende ingrepen = klasse1+) zijn meer luchtwisselingen gewenst dan bij andere typen operaties [5]. Het aantal luchtwisselingen in de operatiekamer is bij een klasse1+ hoger dan het genoemde minimum aantal van 20 per uur. In de praktijk zit het aantal wisselingen vaak boven de 60 per uur. Per specialisme is per ingreep aangegeven in welke OK klasse deze moet plaatsvinden (FMS-richtlijn 2022).

In de Nederlandse praktijk blijkt dat bijna alle operatiekamers een Klasse1+ zijn, terwijl dat voor de productie niet noodzakelijk is. Dat is verspilling van geld en energie. De kosten voor het luchtbehandelings- en -toevoersysteem van een klasse 1 kamer is ongeveer de helft qua investering ten opzichte van Klasse1+.



Daarnaast is het van belang zich te realiseren dat het optreden van POWI's door veel factoren wordt beïnvloed. Het type operatie en de gezondheidsstatus van de patiënt hebben de meeste invloed. Andere belangrijke factoren zijn (hand)hygiëne, correct gebruik van antibiotica (profylaxe), adequate desinfectie, hypothermie van de patiënt voorkomen, kledingdiscipline en bewegingen van personeel in de operatiekamer. Om POWI's ten gevolge van luchtgedragen micro-organismen in de operatiekamer te voorkomen, is voldoende ventilatie en het totaal aantal luchtwisselingen van belang.

In Nederland wordt de luchtvochtigheid in operatiekamers vaak binnen een nauwe marge gehouden, bijvoorbeeld 50%-65%. De FMS richtlijn stelt echter alleen een bovengrens voor alle operatiekamers van 65% en uit onderzoek is gebleken dat de marge veel ruimer kan zijn, bijvoorbeeld 30%-70% [6].

Resumerend

- We opereren in operatiekamers waarin, in sommige gevallen, de luchtbehandelingssystemen dag en nacht op volle toeren draaien.
- We opereren meestal in kamers met een te hoge classificatie.
- De luchtvochtigheid wordt vaak nauwkeuriger gereguleerd dan nodig is.





Fase 1

Energiebesparingsmogelijkheden

De onderzoeksvraag was: hoe kunnen we de energieconsumptie van operatiekamers reduceren zonder de kwaliteit van de lucht aan te tasten. Met andere woorden: waar zou in de Nederlandse operatiekamers potentieel zitten om te besparen. Wij zagen mogelijkheden in onderstaande aanpassingen:

- Een “dag-” en “nacht”-stand, met bij geen gebruik een zo laag mogelijke “standby modus”. Nog efficiënter kan dit met een aanwezigheidssensoren.
- Schakelen tussen een Klasse1+ en een Klasse1 kamer.
- Het terugdringen van verse buitenlucht en verlagen van het totale luchtvolume.
- Het verruimen van de bevochtigingsgrenzen.

Fase 2

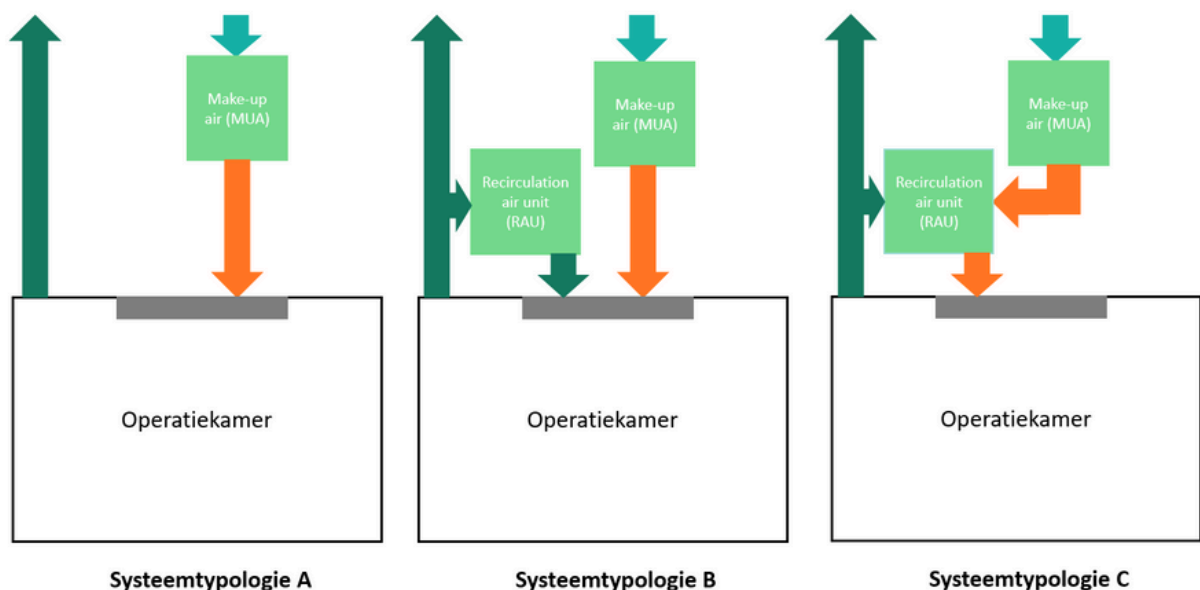


Enquête Nederlandse ziekenhuizen

Aangezien het bij ieder ziekenhuis weer net even anders is qua installaties en het gebruik van operatiekamers hebben we, om de huidige stand van zaken te bepalen, een enquête uitgezet.

In de tweede helft van 2023 zijn 93 ziekenhuizen benaderd om een enquête in te vullen over het luchtbehandelingssysteem voor de operatiekamers en het gebruik van de operatiekamers [7]. Van de 93 benaderde ziekenhuizen (inclusief de 7 Universitaire Medische Centra) zijn 51 ingevulde enquêtes ontvangen (55%). Hieruit blijkt dat 55% van de operatiecomplexen ouder zijn dan 10 jaar en zelfs 12% voor 1995 is gebouwd en dus ouder is dan 30 jaar. Dit is opmerkelijk omdat de technische levensduur van een luchtbehandelingssysteem voor een operatiekamer(complex) over het algemeen niet meer dan 15-20 jaar bedraagt.

Er zijn 3 basissystemen te onderscheiden, Figuur 1.



Figuur 1. Systeemtypologieën luchtbehandelingssysteem voor operatiekamers.

Op basis van de analyse blijkt dat 16% gebruik maakt van luchtbehandeling systeemtypologie A, 41% van systeemtypologie B en 43% van systeemtypologie C. Met name de operatiekamers van voor 1995 zijn als typologie A uitgevoerd. De toegepaste luchthoeveelheden zijn in figuur 2 weergegeven.

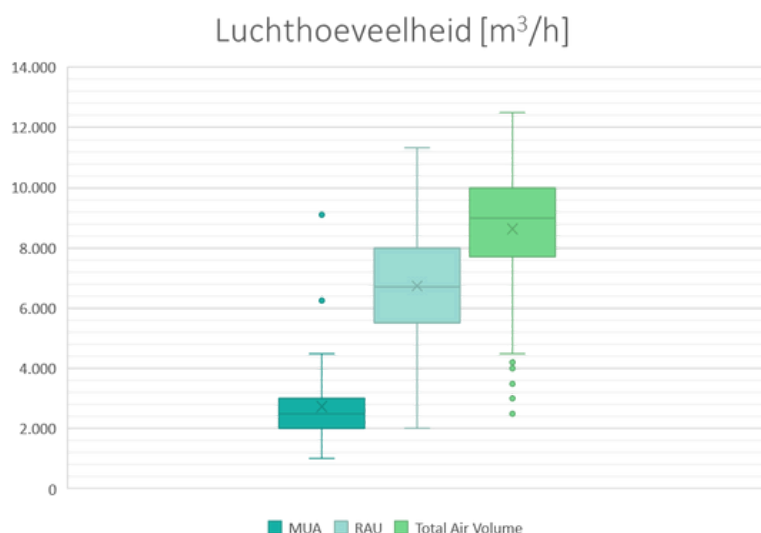


De hoeveelheid verse buitenlucht (MUA) varieert tussen de 1.000 en 4.500 m³/h met zelfs uitschieters tot 9.000 m³/h. Bij toepassing van inhalatieanesthetica wordt in de Arbocatalogus UMC's aangegeven dat afhankelijk van het toegepaste anesthesiesysteem de verse luchthoeveelheid tussen de 1.000 – 2.000 m³/h moet bedragen [8]. Deze catalogus is opgesteld in een tijd waarin energiereductie geen rol speelde en er bovendien volop dampvormige anesthetica en lachgas gebruikt werden.

Er wordt in een aantal ziekenhuizen dus fors meer verse buitenlucht toegepast dan minimaal vereist. Deze verse buitenlucht is energie-intensief omdat deze in de MUA wordt verwarmd, gekoeld be- en ontvochtigd. De “recirculation air” wordt in de RAU slechts in beperkte mate geconditioneert. De totaal aan de operatiekamers toegevoerde luchthoeveelheid (Total Air Volume) ligt tussen de 2.200 m³/h tot 12.500 m³/h.

Het aantal luchtwisselingen in de ruimte wordt circulatievoud genoemd. Uit het onderzoek blijkt dat de operatiekamers een circulatievoud van gemiddeld 60 per uur hebben. De circulatievoud ligt fors hoger dan de eis voor een klasse 1 en klasse 1+ operatiekamer (circulatievoud 20 per uur) volgens de FMS richtlijn Luchtbehandeling in operatiekamers en behandelkamers.

Een hogere circulatievoud is noodzakelijk om te kunnen voldoen aan het verenigingsstandpunt van de Nederlandse Orthopaedische Vereniging (NOV) betreffende de eisen voor een klasse 1+ operatiekamer. (<https://www.orthopeden.org/media/agbpatrj/6245a0933cafastandpunt-nov-luchtbehandeling-operatiekamer-klasse-1-voor-websitenov.pdf>) [9].



Figuur 2. Luchthoeveelheden in operatiekamers in m³/h (n=51). MUA: Make Up Air (=behandeling van buitenlucht) en RAU (Recirculation Air Unit)



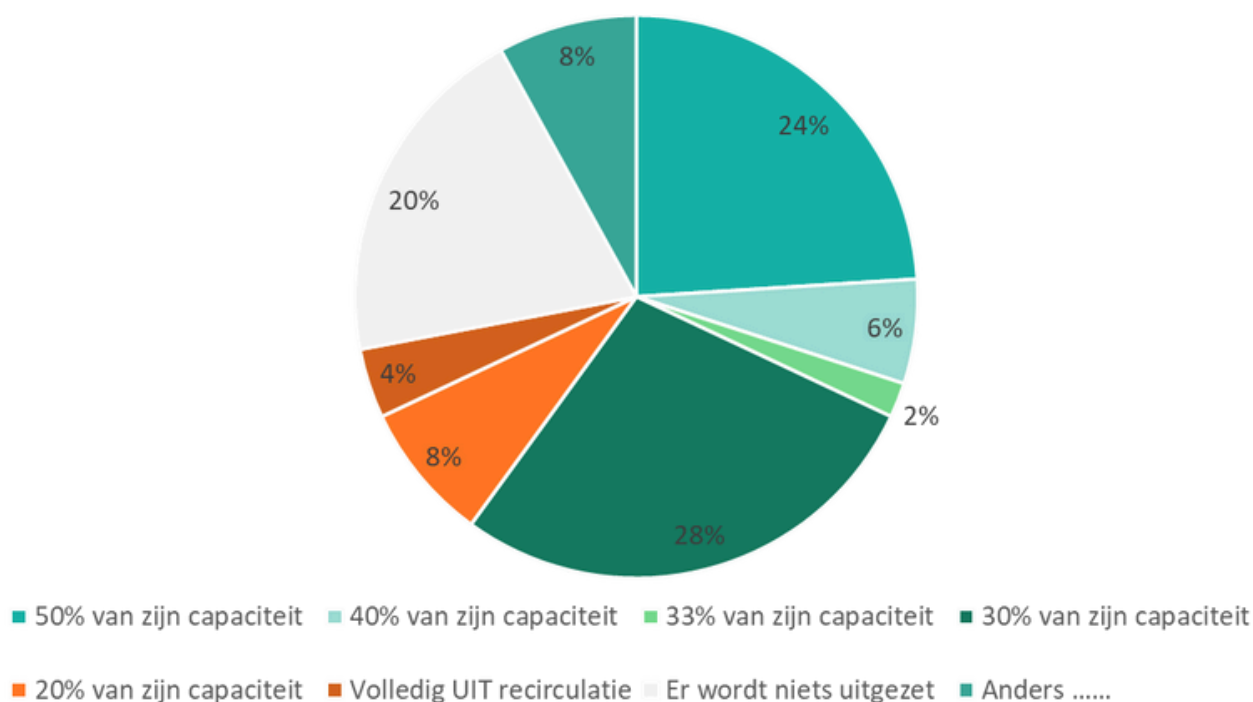


Het onderzoek laat zien dat in 32% van de ziekenhuizen alle operatiekamers gebruikt worden voor grote gewrichts vervangende ingrepen. In 42% van de ziekenhuizen worden deze ingrepen in slechts 25% van de operatiekamers uitgevoerd.

De resultaten laten zien dat vrijwel alle operatiekamers een Klasse 1+ betreft, waarmee ze geschikt zijn om grote gewrichts vervangende operaties in uit te voeren, maar ze er in de praktijk niet voor worden gebruikt. Veel operatiekamers gebruiken dus een groot deel van de tijd meer (gerecirculeerde) lucht dan vereist waardoor meer energie wordt gebruikt dan noodzakelijk.

Het overgrote deel van de operatiekamers, 94%, heeft warmteterugwinning uit de afgevoerde ventilatielucht. Hiermee wordt een groot deel van de energie uit de afgevoerde lucht teruggewonnen.

In 72% van de ziekenhuizen wordt de hoeveelheid lucht in de nacht en weekenden gereduceerd met ten minste 50%. Er zijn zelfs ziekenhuizen (4%) die de recirculatie geheel uitzetten en alleen de noodzakelijke verse buitenlucht, nodig voor de overdruk, toevoeren (figuur3).

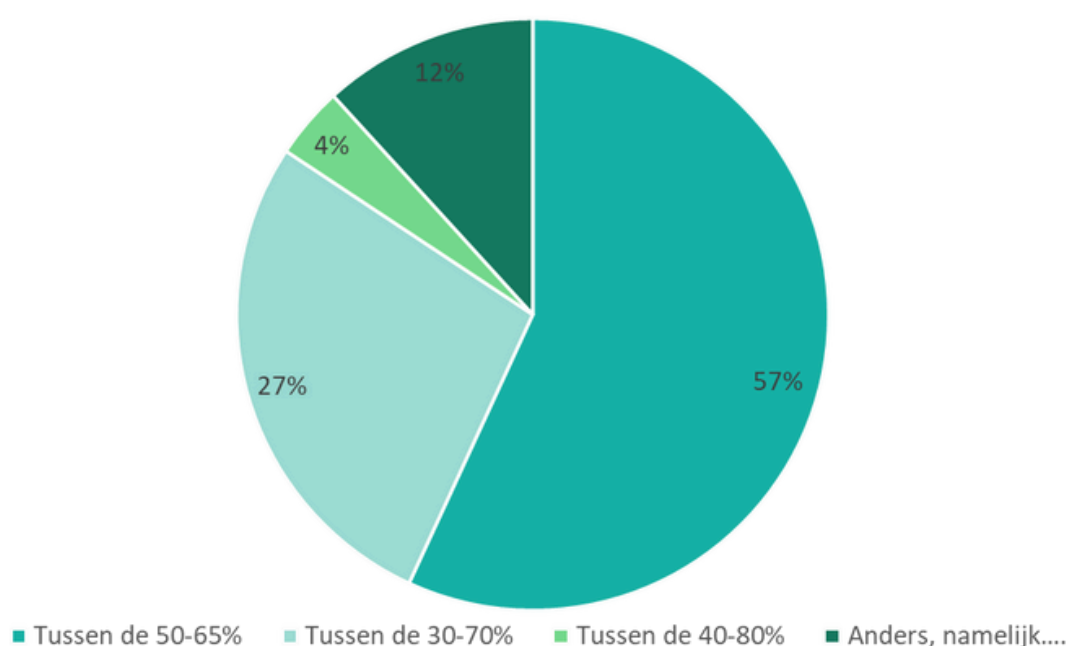


Figuur 3. Reductie luchthoeveelheid tijdens nacht en weekend.





Luchtbevochtiging kost veel energie en 76% van de ziekenhuizen maakt hiervoor nog gebruik van centraal met aardgas opgewekte stoom, 20% van de ziekenhuizen gebruikt lokaal bij de luchtbehandelingskast geplaatste elektrische luchtbevochtigers en 4% maakt gebruik van adiabatische bevochtiging (de meest energiezuinige methode). Er wordt ondanks het onderzoek vanuit het expertisecentrum verduurzaming zorg [10] nog steeds fors bevochtigd in operatiekamers. In 57% van de operatiekamers wordt nog bevochtigd op een niveau van tussen de 50 en 65% (Figuur 4).



Figuur 4. Bevochtiging in operatiekamers.



Tenslotte blijkt uit de enquête ook dat slechts 4% van de ziekenhuizen (n=51) het energiegebruik van het luchtbehandelingssysteem voor de operatiekamers meet, analyseert en daarop stuurt.

Resumerend

In de meeste, aan de enquête deelnemende, ziekenhuizen worden al maatregelen genomen om het energiegebruik van het luchtbehandelingssysteem in operatiekamers te reduceren. Vrijwel alle ziekenhuizen maken gebruik van warmteterugwinsystemen om energie uit de afgevoerde luchtstroom terug te winnen. Ook wordt de luchthoeveelheid in de nacht en weekenden vaak gereduceerd. De luchthoeveelheid wordt echter nog zeer beperkt geschakeld op basis van de behoefte aan een klasse 1 en klasse 1+ operatiekamer, en de toegevoerde en behandelde luchthoeveelheden zijn veel groter dan vereist.





Fase 3

Metingen bij 8 ziekenhuizen in 9 operatiekamers, berekeningen met het rekenmodel om potentiële energiebesparing te bepalen

In de periode van juni tot en met augustus 2024 zijn er metingen verricht aan het luchtbehandelingssysteem van 9 operatiekamers. Dit betrof operatiekamers bij drie academische ziekenhuizen, drie perifere ziekenhuizen en twee privéklinieken. Deze operatiekamers zijn geografisch verdeeld over Nederland. De temperatuur en relatieve vochtigheid van de luchtstroom voor en na de verschillende componenten in de luchtbehandelingskast alsmede het opgenomen vermogen van de ventilatoren zijn hierbij gemeten. Deze referentieset aan operatiekamers bestond uit systeemtypologie B (4 locaties) en systeemtypologie C (5 locaties).

Op basis van de uitgevoerde metingen en de gegevens verkregen uit de enquête is het besparingspotentieel van de energiebehoefte in kaart gebracht. Om het energiebesparingspotentieel te bepalen is gebruik gemaakt van een rekenmodel waarbij waarden afgeleid uit metingen als invoer zijn gebruikt. Er is een referentiesituatie gedefinieerd en vervolgens zijn scenario's met maatregelen doorgerekend om de mogelijke jaarlijkse besparingen in de energiebehoefte te bepalen. De te relateren CO₂-uitstoot is in dit onderzoek niet beschouwd omdat we geen analyse hebben gedaan naar de herkomst van de energie

Referentiesituatie

Om de potentiële energiebesparing van maatregelen te bepalen is gebruik gemaakt van een referentiesituatie. De aangehouden referentiesituatie is gebaseerd op de resultaten uit de enquête en metingen die zijn uitgevoerd en heeft de volgende kenmerken. De relatieve vochtigheid was bij 57% van de respondenten ingesteld tussen de 50-65%. Het gemiddelde buitenlucht aandeel (ODA) bedroeg ongeveer 2.700 m³/h en de totale luchthoeveelheid (SUP) ongeveer 8.600 m³/h. De operatiekamers in de referentieset hadden een gemiddelde hoeveelheid verse buitenlucht van 2.367 m³/h (min. 1.000 – max. 3.000 m³/h) en een hoeveelheid aan de operatiekamer toegevoerde hoeveelheid van 9.691 m³/h (min. 3.000 -15.129 m³/h). De referentieset bestond uit 7 klasse 1+ operatiekamers en 2 klasse 1 operatiekamers. De aan de operatiekamer toegevoerde luchttemperatuur bedroeg gemiddeld 19,7 °C (min. 19,0 – max. 21,2 °C) en de temperatuurverhoging in de operatiekamers was 0,9 °C (min. 0,0 – max. 2,1°C).

Ondanks dat een groot deel van de respondenten (80%) in de enquête heeft aangegeven maatregelen te hebben genomen om de luchttechnische installatie gedurende de nacht en in de weekenden terug te schakelen hebben wij voor een referentiesituatie gekozen waarbij de installatie continu volledig aan staat. Deze keuze hebben wij gemaakt omdat 20% van de respondenten de installatie nog niet uitschakelt en dit een nul situatie is waaraan wij de andere maatregelen (scenario's) kunnen relateren.



Scenario's

Vergeleken met de referentiesituatie werd het energiebesparingspotentieel voor verschillende scenario's bepaald. De vier realistische scenario's die zijn beschouwd betroffen:

- Scenario A, waarbij de grenzen voor de relatieve vochtigheid worden verruimd. De relatieve vochtigheid werd gewijzigd van 50-65% naar 30-70%.
- Scenario B, het overschakelen naar een stand-by modus wanneer de OK niet in gebruik is, 's nachts of in het weekend[2]. De bedrijfsuren werden gewijzigd van 00:00h - 24:00 en ook weekend aan naar 07:00h-18:00h aan en weekend uit.
- Scenario C, verlaging van de hoeveelheid buitenlucht (ODA). De ODA werd verlaagd van de oorspronkelijke ontwerpwaarden tot 1.000 m³/h tijdens bedrijfsuren en 500 m³/h in stand-by en in het weekend.
- Scenario D, verlaging van de totale toevoerlucht (SUP) die in de OK wordt ingebracht. De SUP werd ingesteld op 3.000 m³/h (generieke/conventionele operatiekamer).

Voor de reductie van de hoeveelheid toegevoerde verse buitenlucht is uitgegaan van het minimaal vereiste niveau uit de Arbo-catalogus inhalatie anesthetica en voor de ruimere grenzen voor de relatieve vochtigheid is aangesloten bij de verduurzamingskaart van het expertisecentrum verduurzaming zorg [10].

Om van een OK klasse 1+ naar een klasse 1 te gaan is uitgegaan van een hoeveelheid aan de OK toegevoerde lucht van 3.000 m³/h. Uitgangspunt hierbij is dat met deze luchthoeveelheid aan de eisen van een Klasse 1 wordt voldaan (circulatievoud ≥ 20 en ISO deeltjes klasse 7 volgens NEN-EN-ISO 14644-1). In de benadering hebben we aangehouden dat de temperatuur toename in de operatiekamers bij het terugbrengen van de luchthoeveelheid (van klasse1+ naar klasse 1) gelijk blijft. Deze aanname betekent dat we uitgaan van een lagere interne warmtelast bij een Klasse 1 operatiekamer. Vermoedelijk zal dat ook zo zijn omdat in een Klasse 1+ OK andere typen ingrepen mogen worden uitgevoerd dan in een Klasse 1 OK (zie FMS richtlijn luchtbehandeling).





Resultaten*

Scenario A: Relatieve vochtigheid (30 - 70%)



- Verruimen van relatieve vochtigheid naar 30 - 70%
- **Resultaat:** Gemiddeld 33% minder thermische energievraag

Scenario B: Nacht- en weekendinstellingen



- Luchtbehandelingsinstallaties terugschakelen.
- **Resultaat:** 41% thermische en 60% elektrisch/mechanische energiebesparing.

Scenario C: Buitenlucht (ODA)



- ODA terugbrengen naar 1.000 m³/h (werkuren) en 500 m³/h (buiten werkuren).
- **Resultaat:** Gemiddeld 53% thermische en 49% elektrisch/mechanische energiebesparing.

Scenario D: Verlagen OK-classificatie



- Overstap van klasse 1+ naar klasse 1.
- **Resultaat:** 36% minder elektrisch/mechanische energie.
- Extra: Verminderde ondersteuningsverwarming voor nog meer besparing.

Als alle vier de genoemde maatregelen worden doorgevoerd dan zal dit ten opzichte van de referentie situatie (pag 17) een energie besparing kunnen opleveren tussen de 70 en 80%.

*Alle besparingen zijn ten opzichte van de referentie studie (p.18)



Conclusie



In ziekenhuizen worden al maatregelen genomen om het energiegebruik van het luchtbehandelingssysteem in operatiekamers te reduceren. De meeste ziekenhuizen, in onze enquête, maken gebruik van warmteterugwinsystemen om energie uit de afgevoerde luchtstroom terug te winnen. Ook wordt de luchthoeveelheid in de nacht en weekenden bij 80% van de respondenten al gereduceerd.

Er zijn verschillende manieren om energie te besparen in bestaande operatiekamers met betrekking tot het luchtbehandelingssysteem. In vrijwel alle ziekenhuizen is echter de mogelijkheid om nog meer energie te besparen. We deden berekeningen op basis van een referentie-operatiekamer, en de mogelijke energiebesparing zal voor sommige ziekenhuizen (waarin nog geen maatregelen zijn genomen) nog veel groter zijn.

Relatief eenvoudige aanpassingen om energie te besparen zijn onder andere het verruimen van de relatieve vochtigheidslimieten, en het invoeren van operationele kloktijden. Met het installeren van een bewegingssensor kan ook overdag de ventilatie worden verlaagd als de OK niet in gebruik is.

Het verlagen van de ODA heeft groot effect op energiebesparing ten opzichte van de referentiesituatie. Het verlagen van ODA is in bestaande faciliteiten vaak niet eenvoudig. Hiervoor moet eerst worden onderzocht wat de mogelijkheden zijn door het technische ontwerp van het luchtbehandelingssysteem en de luchtdichtheid van de gebouwschil van de operatiekamer te beschouwen. Voordat een bestaande luchttechnische installatie wordt aangepast is het van belang te weten hoe deze is opgebouwd. Bij veel ziekenhuizen wordt de primaire luchttechnische installatie niet alleen voor de operatiekamer gebruikt. Andere ruimten binnen het operatiekamer complex zijn hieraan veelal gekoppeld. Hier moet rekening mee worden gehouden bij het optimaliseren van de luchtbehandeling van aangesloten operatiekamers. De toenemende vraag naar energiebesparing vereist een luchtbehandelingssysteem dat de veranderende vraag aankan.

Veel operatiekamers lijken onnodig gebouwd als ultraclean operatiekamer, klasse 1+ met een hoog aantal luchtwisselingen per uur en het ODA-volume dat in de OK wordt geïntroduceerd is relatief hoog. Het is bij luchtbehandelingsinstallatie typologie C eenvoudig mogelijk de classificatie van de operatiekamer verantwoord en veilig te verlagen van een klasse 1+ naar een klasse 1.

Er blijkt nog zeer veel potentie te zijn om energie te besparen en om de uiteindelijke beoogde reductie in CO₂-uitstoot te realiseren door een of meerdere van de genoemde maatregelen door te voeren.

Vervolg



De werkgroep energie blijft zich inzetten om ziekenhuizen te ondersteunen bij het daadwerkelijk in de praktijk, voor hun specifieke situatie, realiseren van energiebesparing en de gerelateerde CO₂-uitstoot reductie in de OK's. Hiervoor wil en zal de werkgroep verder bijdragen aan:

- Communicatie: De resultaten van het onderzoek breed uitdragen bij zowel bestuurders, gebruikers en technisch beheerders van ziekenhuizen als wetenschappers, gebouwinstallatieadviseurs en -installateurs.
- Standaardisatie: De toegepaste maatregelen inclusief aandachtspunten per situatie pro-actief inbrengen bij de relevante normen en richtlijnen.
- Methode- en modelontwikkeling: De ontwikkelde methode en modellen verder door ontwikkelen zodat handzaam, veilig en betrouwbaar voor iedere specifieke situatie de meest effectieve maatregelen om energie, CO₂-uitstoot en kosten te besparen in een OK geselecteerd kunnen worden.
- Stand van zaken laboratoria, clean rooms analyseren.
- Implementatieonderzoek: het in kaart brengen van doorslaggevende belemmerende en bevorderende factoren om de geïdentificeerde energiebesparingsmogelijkheden te realiseren in de Nederlandse OK complexen (CAREFREE onderzoek).
- Onderwijs: het integreren van de bevindingen in lokaal en landelijk onderwijs van (toekomstig) personeel; onder andere via de luchtbehandelingsmodule in de e-learning van het Landelijk Netwerk de Groene OK.





Over de auteurs

De samenstelling is in de afgelopen 5 jaar door ziekte, pensioen en emigratie iets veranderd maar de kern is constant gebleven en bestaat/ bestond uit zeer bevlogen mensen grotendeels participierend in eigen tijd.

Lise van Turenhout, anesthesioloog in het UMCU

Lise is sinds 2020 anesthesioloog en sinds die tijd betrokken bij de Werkgroep Energie. In ons dagelijks werk is er nog veel meer te bereiken op het gebied van duurzaamheid dan in ons privéleven. Weloverwogen gebruik van grondstoffen en energie is niet alleen essentieel vanwege uitputtende bronnen, een opwarmende aarde en groeiende afvalbergen, maar ook eerlijk ten opzichte van de medemens hier en elders op de wereld. Daarom is ze actief lid geweest van de Green Team OK in verschillende ziekenhuizen, en zet ze zich sinds 2023 in voor verduurzaming van de zorg op de Spoedeisende Hulp in het UMC Utrecht.

Wim Maassen, senior expert, consultant Royal HaskoningDHV

Wim is een Senior Adviseur/Expert Energie en Duurzaam Bouwen die opdrachtgevers ondersteunt bij de realisatie van duurzame toekomstgerichte gebouwen. Hij is een BREEAM-NL/INT Assessor en een BREEAM/LEED Commissioningsmanager/-autoriteit en heeft meer dan 29 jaar ervaring met advisering op de gebieden energiebesparing, duurzame energie-opwekking, optimalisatie van de energiebehoefte van gebouwen en het definiëren, optimaliseren en meten van duurzaamheid. In 2014 is Wim benoemd tot TU/e Fellow/Departmental Professional Expert aan de Technische Universiteit Eindhoven en heeft hij in samenwerking met verschillende ziekenhuizen onderzoek naar energiebesparingsmogelijkheden uitgevoerd waarover hij in nationale en internationale vakbladen publiceert. Hij is editor-in-chief en co-auteur van het ASHRAE-REHVA-TVVL Guidebook Towards Energy Positive Hospital Buildings.

Roberto Traversari, senior onderzoeker/consultant TNO

Roberto is een onderzoeker en adviseur die gespecialiseerd is in contamination control, energie en installatietechnologie, met een bijzondere focus op luchtbehandelingssystemen in operatiekamers. Hij is gepromoveerd op het onderwerp "Aerogenic Contamination Control in Operating Theatres" aan de Universiteit van Maastricht en doet onderzoek naar luchtkwaliteit, operationele processen en de relatie tussen de fysieke omgeving, efficiëntie en patiëntveiligheid, met gebruik van de principes van Evidence-Based Healthcare Design (EBHD). Zijn werk richt zich voornamelijk op de Nederlandse gezondheidszorg, waar hij overheden en bedrijven verbindt met TNO-teams in de gezondheidszorg, specifiek gericht op energie-efficiëntie en binnenluchtkwaliteit. Roberto zoekt actief naar nieuwe mogelijkheden om innovaties op deze gebieden te ontwikkelen en te implementeren. Daarnaast is hij wetenschappelijk leider van het Nederlandse P3Venti-programma dat onderzoek doet naar pandemische paraatheid en ventilatie



Gerbrand van Middelkoop, expert luchtbehandeling, energiestromen en gebouwbeheer

Gerbrand is sinds 2020 eigenaar van Pro OK Advies, een specialistisch adviesbureau voor ziekenhuizen en klinieken. Binnen de werkgroep Energie van de Groene OK heeft hij een bijdrage geleverd in de vertaalslag tussen de wetenschap en de dagelijkse praktijk.

Jos Lans, TU Delft en CEO Medexs

Na het behalen van zijn bachelor werktuigbouwkunde aan de Hogeschool Utrecht in 1997, studeerde hij aan Nyenrode Business Universiteit. Hij voltooide in 2003 zijn Master of Science in Management met een scriptie over het falen van organisatieveranderingen. Hij won de Nyenrode Ondernemersprijs in 2002 met zijn concept voor een verplaatsbare modulaire operatiekamer. Na een succesvolle carrière en diverse managementfuncties in bedrijven actief in de medische sector, is hij sinds 2007 ondernemer en is hij eigenaar van verschillende bedrijven, waaronder Medexs BV. Naast zijn baan als CEO van Medexs is hij in 2024 gepromoveerd aan de Faculty of Architecture and Built Environment aan de Technische Universiteit Delft. Zijn onderzoek richtte zich op innovaties en de effectiviteit van ventilatie en luchtbehandeling in generieke en ultra-clean operatiekamers.

Sandra Lako, anesthesioloog Radboudumc

Sandra is sinds 1996 anesthesioloog verbonden aan het Radboud UMC. Duurzaamheid ligt haar zeer aan het hart, ze is voorzitter van de werkgroep de groene OK in het Radboud en was bij de oprichting van het Landelijk Netwerk de Groene OK waar zij in diverse werkgroepen participeert. Ze is voorzitter van de werkgroep energie reductie van het LNGOK. Daarnaast is ze lid van de groene werkgroep van de Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie.

Egid van Bree, basisarts en PhD-kandidaat Universiteit Maastricht/Amsterdam UMC

Egid is een bevlogen basisarts met een hart voor duurzame zorg en planetaire gezondheid. In zijn promotieonderzoek richt hij zich op verschillende manieren op het meten, wegen en verbeteren van de milieu-impact van (voornamelijk) klinische zorg. Hierbij richt hij zich ook op de implementatie van de energiebesparingsmogelijkheden in deze richtlijn – en is derhalve bij de Werkgroep Energie betrokken geraakt. Naast zijn onderzoek is Egid bestuurslid bij de Groene Zorg Alliantie: een landelijk netwerk van werkvloerinitiatieven dat zich inzet voor een groenere zorgsector.

Met dank aan ook:

- Johan Laurensse, consultant en projectleider luchtbehandeling
- Anne Brouwer, consultant Royal HaskoningDHV
- Elmar Helmich, anesthesioloog in het Whangarei hospital, Nieuw Zeeland.



Bijlage I

Referenties

- 1: I. Schoenmakers, "Increasing HVAC energy performance in University Medical Centres by optimizing energy efficiency indicators," p. 78, 2014.
- 2: Zarzycka, A., Maassen, W. H. & Zeiler, W. Towards zero energy hospital buildings: energy saving opportunities in operating theatres. REHVA Journal (2/2019)
- 3: Kennisinstituut van de Federatie van Medisch Specialisten. Luchtbehandeling in de operatiekamers en behandelkamers. (2022). FMS richtlijn luchtbehandeling operatiekamers
- 4: Lans,J.L.A., Mathijssen,N.M.C.,Bode,A., van den Dobbelsteen, J.J., van der Elst, M., &Luscuere, P.G. Operating room ventilation systems: Recovery degree, cleanliness recovery rate and air change effectiveness in an ultra-clean area. Journal of hospital infection 2022
- 5: Langvatn, H., Schrama, J. C., Cao, G., Hallan, G., Furnes, O., Lingaas, E., Walenkamp, G., Engesæter, L. B., & Dale, H. Operating room ventilation and the risk of revision due to infection after total hip arthroplasty: assessment of validated data in the Norwegian Arthroplasty Register. Journal of Hospital Infection, 105(2), 216–224 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.04.010>
- 6: Kompatscher, Traversari A.A.L., Huisman E., Loomans M., Kort H., Maassen W.. Bevochtigingseisen in de zorghuisvesting praktijk. 2021
- 7: Traversari, R.A.A.L., Lans, J.L.A., Maassen W.H., Lako S.J. Enquête onder ziekenhuizen toont grote energie besparings mogelijkheden: Bouwen aan zorg nr 01 (2024).
- 8: LOAZ Arbocatalogus Deel Inhalatieanesthetica update april 2021 (dokterhoe.nl). NFU Inhalatieanesthetica
- 9: Jutte, P.C., Traversari, R.A.A.L., Vogely, H.C., Walenkamp, G.H.I.M. Verenigingsstandpunt NOV betreffende de eisen voor een klasse 1+ operatiekamer, Toelichting op de technische eisen voor een Klasse 1+ operatiekamer volgens de FMS-richtlijn 'Luchtbehandeling in operatiekamers en behandelkamers' (2022 Verenigingsstandpunt NOV).
- 10: Traversari R et al. Verduurzamingskaart bevochtigings eisen in ziekenhuizen. Expertise centrum verduurzaming zorg 2023. (<https://www.expertisecentrumverduurzamingzorg.nl/wp-content/uploads/2023/04/Verduurzamingskaart-Bevochtigingseisen-in-ziekenhuizen-V1.0.pdf>)





Bijlage 2

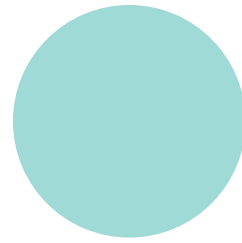
Deelnemende OK-centra enquête

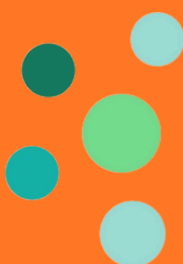
- ADRZ Goes
- Alrijne ziekenhuis
- Amphia
- Amphia Oudbouw
- Amsterdam VUMC
- Bernhoven
- Bravis Ziekenhuis
- Canisius Wilhelmina Ziekenhuis Nijmegen
- Catharina ziekenhuis
- Diakonessenhuis Utrecht
- Diakonessenhuis Zeist
- Dijklander Hoorn
- Elisabeth Tilburg
- Erasmus MC
- Flevo OK 2 t/m 5
- Flevo OK 6-10
- Gelre Apeldoorn
- Gelre Zutphen
- Groene Hart Ziekenhuis
- IJsselland ziekenhuis
- Ikazia ziekenhuis
- Jeroen Bosch Ziekenhuis
- LUMC CVIC
- LUMC cluster 2 en 3
- MUMC
- Maasziekenhuis Pantein
- Martini Ziekenhuis
- Maxima Medisch Centrum Eindhoven
- Maxima Medisch Centrum Veldhoven
- Meander Medisch Centrum
- Medisch Centrum Leeuwarden
- Nij Smellinghe
- OLVG West
- OLVG West-Oud
- Radboud UMC
- Reinier de Graaf Gasthuis
- Rijnstate Arnhem
- Rivierenland Tiel
- SKB Winterswijk
- Saxenburg medisch Centrum
- Spaarne locatie Hoofddorp
- St. Jans Gasthuis
- St. Maartenskliniek
- Ter Gooi MC Hilversum
- Treant Hoogeveen
- Treant Stadskanaal
- UMCG
- UMCG Oudbouw
- UMC Utrecht
- Wilhelmina ziekenhuis
- Zorgsaam Terneuzen

Ziekenhuizen waar we mochten meten

- Antonius Ziekenhuis Sneek
- Erasmus Medisch Centrum
- Eyescan Utrecht
- Flex Clinics Utrecht
- IJsselland Ziekenhuis Capelle a/d IJssel
- Leids Universitair Medisch Centrum
- Máxima Medisch Centrum Veldhoven
- Universitair Medisch Centrum Utrecht









Februari 2025

Landelijk Netwerk de Groene OK
Postbus 20061
3502 LB Utrecht

info@degroeneok.nl