

Auteurs

Roberto Traversari; senior adviseur/onderzoeker TNO Innovatie Centrum Bouw,
Stefan van Heumen; technisch consultant TNO Innovatie Centrum Bouw

Energiebesparing versus contamination control op de OK

Binnen de zorgsector als geheel ontstaat steeds meer aandacht voor duurzaamheid en vooral energiebesparing. Zorginstellingen willen hun verantwoordelijkheid in dit maatschappelijke vraagstuk nemen en hier meer werk van maken. Dit blijkt uit het feit dat energiebesparing steeds explicieter een plaats krijgt in de missie en ambitie van deze instellingen. Ook wordt er bij een aantal zorginstellingen specifiek nagedacht hoe men het aardgasgebruik sterk kan terugdringen en zelfs tot nul kan reduceren. Binnen deze sector is net zoals binnen andere sectoren nog een significante energiereductie te behalen.

TNO becijferde in 2010 op basis van een conventioneel maatregelenpakket voor de hele zorgsector een jaarlijks besparingspotentieel van € 115 mln. [1]. Uit een recente berekening van Intrakoop blijkt dat de zorg jaarlijks € 640 mln. aan energiekosten kan besparen [2]. Energiebesparing in de zorg is ook niet langer vrijblijvend. Zorgorganisaties krijgen tot 1 juli 2019 de tijd om het bevoegd gezag te informeren over hun energiebesparende maatregelen [3]. Anders riskeren ze een boete.

Zoals bekend geeft de trias energetica een heldere lijn weer die begint bij het reduceren van de vraag c.q. het reduceren van verspilling. Het reduceren van de vraag is de eerste stap die altijd een gunstige uitwerking heeft, ook al is alle energie die wordt gebruikt afkomstig uit hernieuwbare bronnen. In die situatie hoeft er minder hernieuwbare energie te worden opgewekt waardoor de investeringen op macroniveau lager kunnen blijven.

Een zorggebouw, en met name een ziekenhuis, is niet zomaar te vergelijken met een kantoor- of woongebouw omdat er vanuit het zorgproces stringente eisen worden gesteld aan de beschikbaarheid van functies om verantwoorde zorg te kunnen leveren. Deze worden ingegeven vanuit het feit dat er vaak minder minder

zelfredzame patiënten/cliënten in zorginstellingen verblijven die in een aantal situaties ook nog eens vatbaar zijn voor infecties. De context waarbinnen energiebesparing plaatsvindt is dan ook compleet verschillend ten opzichte van andere utiliteitsgebouwen en woningen.

Naar mate de eisen vanuit het zorgproces hoger zijn worden de dilemma's voor energiebesparing ogenschijnlijk groter. Dit komt vaak tot uiting op de "hotfloor" van een ziekenhuis (o.a. intensive care, operatiecomplex, centrale sterilisatieafdeling). Het verplaatsen van lucht door een ziekenhuis gaat gepaard met een hoge energieconsumptie. Exacte getallen zijn niet direct voorhanden, maar uit internationale studies blijkt dat naar schatting 30-40% van het totale elektriciteitsgebruik wordt aangewend voor het verplaatsen van lucht door het ziekenhuis [4]. Juist op de hotfloor wordt relatief veel geventileerd en gecirculeerd vanuit het oogpunt van contamination control. Het reduceren van de luchthoeveelheid is dan ook niet zonder meer mogelijk waardoor een dilemma ontstaat.

Reduceren van het energiegebruik voor ventilatie

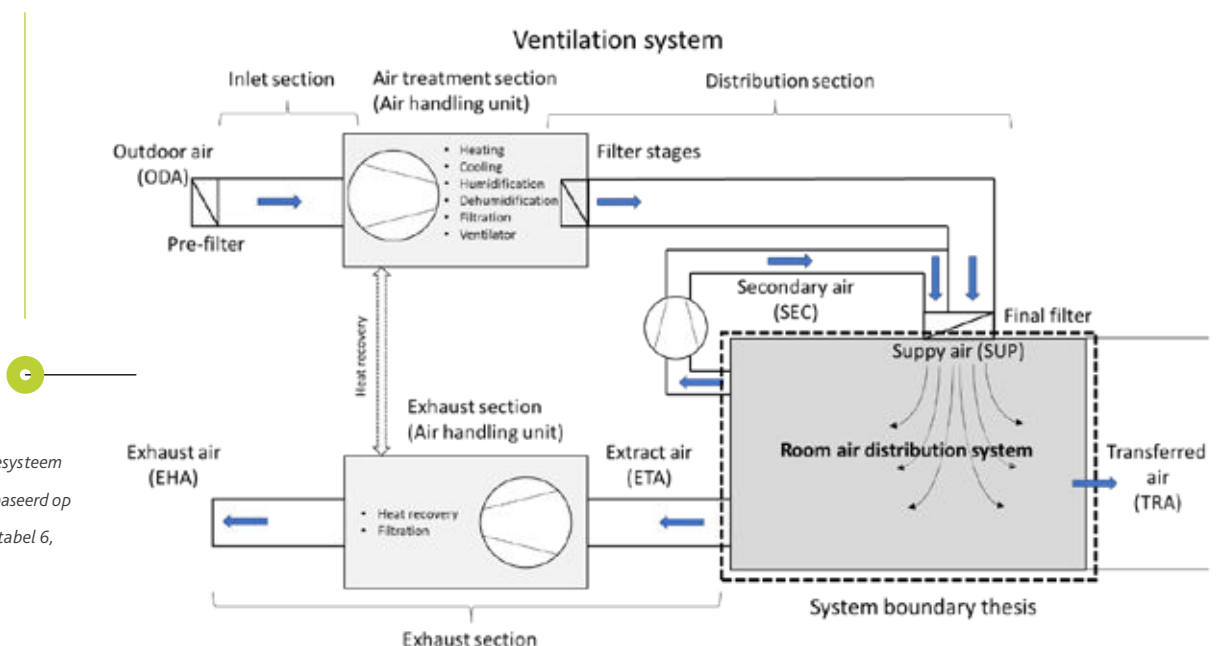
Wordt ingezoomd op de operatieafdeling van een ziekenhuis, dan wordt er in de regel 9.000-10.000 m³/h schone lucht aan een operatiekamer toegevoerd. Dit geldt voor uni directionele flow (UDF) systemen met een inblaas plenum van ca. 3 x 3 meter. Veel nieuw gerealiseerde operatiekamers zijn met een dergelijk systeem uitgerust. Er zijn echter ook systemen die een lagere luchthoeveelheid kennen [5] van typisch 6.000 m³/h. De toegevoerde lucht wordt voordat deze aan de operatiekamer wordt toegevoerd altijd HEPA gefilterd en bestaat voor een deel uit verse buitenlucht (ODA) en voor een deel uit secundaire lucht (SEC) die uit de operatiekamer wordt gecirculeerd. Met name de hoeveelheid ODA is bepalend voor een belangrijk deel

van het energiegebruik omdat deze lucht moet worden geconditioneerd. De SEC wordt met deze luchtstroom gecombineerd aan de operatiekamer toegevoerd, zie figuur 1. Het is dus zaak om de hoeveelheid ODA zo veel mogelijk te reduceren, maar ook dat kan niet zonder meer. Deze ODA is niet alleen nodig om het CO₂ gehalte in de operatiekamer op een voor het personeel aanvaardbaar niveau te houden maar dient er ook voor om de concentratie residuen van anesthesiegassen af te voeren om blootstelling van het personeel te reduceren. In oudere ontwerpen, gebaseerd op het gebruik van lachgas (N₂O), werd hierbij nog uitgegaan van 2.000 m³/h aan ODA. Bij toepassing van modernere anesthesiegassen zoals Isofloraan en sevofluraan is deze hoeveelheid niet meer nodig. Bij het gebruik van speciale apparatuur voor de toediening hiervan (gecufte tube en dubbel masker) kan de hoeveelheid ODA gereduceerd worden tot 1.000 m³/h. Dit is echter alleen mogelijk indien geen gebruik meer wordt gemaakt van lachgas. Een aantal anesthesisten gebruikt echter om verschillende redenen nog steeds lachgas.

Andere belangrijke aspecten om het energiegebruik te reduceren is het minimaliseren van het drukverschil in het systeem. Dit betekent dus dat de kanaaldiameters groot moeten worden gekozen en dat er gebruik wordt gemaakt van filtersystemen met een lage luchtzijdige weerstand. Ook het terugwinnen van energie uit de naar buiten afgevoerde luchtstroom (EHA) kan het energiegebruik

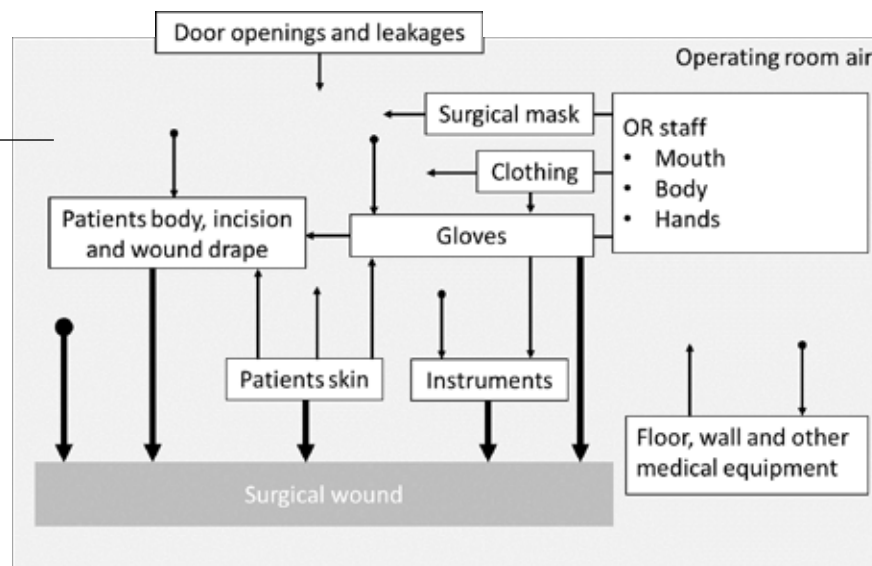
reduceren. Hierbij ontstaat echter ook direct een dilemma. Door het toepassen van systemen anders dan de bekende "run around" systemen waarbij warmte via warmtewisselaars met een tussenmedium wordt overgedragen, wordt de kans op het overdragen van schadelijke stoffen (residuen van anesthesiegassen, chirurgische rook en micro-organismen) groter. Deze systemen zoals warmtewielen hebben echter wel een hoger energetisch rendement.

Een ander aspect waar frequent discussie over is betreft de luchtvochtigheid. Er zijn geen klinische studies waaruit blijkt dat er een relatie is tussen de klinische patiënten uitkomstmaat en het vochtgehalte op de operatiekamer. Uiteraard is het wel zo dat het vochtgehalte van de lucht bepalend is voor het welbevinden van het personeel in de operatiekamer. Een veelvuldig aangehaald argument is dat het vochtgehalte in de operatiekamer noodzakelijk is om elektrostatische ontlading te voorkomen. Echter goed ESD-schoeisel en een enigszins elektrisch geleidende vloer zijn vanuit operationeel oogpunt veel effectiever om ongewenste elektrostatische ontlading te voorkomen. In de ons omringende landen wordt de vochtigheid op de operatiekamer niet binnen nauwe grenzen geregeld. Er wordt veelal alleen bewaakt dat het vochtgehalte niet te hoog wordt om het "natslaan" van filters te voorkomen en soms wordt het minimale vochtgehalte bewaakt in verband met comfortaspecten. Tussen deze grenzen (veelal 70% > RV_{operatiekamer} > 30%) mag het vochtgehalte dan vrij bewegen.



Figuur 1: Ventilatiesysteem operatiekamer, gebaseerd op NEN-EN 16798-3, tabel 6, figuur 2 [10].

Figuur 2: Contaminatieroute in een operatiekamer, gebaseerd op [7, 8, 9].



Een andere manier om het energiegebruik vergaand te reduceren is om het ventilatiesysteem in een operatiekamer tijdens de nachtperiode en weekeinde gewoon uit te zetten. Om te onderzoeken of dit vanuit de luchtkwaliteit mogelijk is heeft TNO een onderzoek uitgevoerd [6]. Een UDF-systeem heeft een verdringende werking en beschermt een gebied, het zogenaamde beschermd gebied, tegen het binnendringen van contaminanten, in dit geval deeltjes, vanuit het omliggende gebied (de periferie). De mate waarin een systeem in staat is het binnendringen van deeltjes te voorkomen wordt uitgedrukt in de beschermingsgraad.

De beschermingsgraad geeft de logaritmische reductie van de concentratie op een bepaald punt. Hierbij staat een beschermingsgraad van 2 voor een 100-voudige reductie en een beschermingsgraad van 3 voor een 1000-voudige reductie.

$$BG_x = -\log\left(\frac{C_x}{C_{ref,x}}\right)$$

Waarin:

BG_x = beschermingsgraad op punt x

C_x = concentratie op punt x

$C_{ref,x}$ = referentie concentratie t.b.v. punt x

Bij de onderzoeksmetingen zijn deeltjes in de periferie van de operatiekamer geïmitteerd en is

vastgesteld hoever deze in het gebied met de neerwaartse stroming binnendringen. De minimaal volgens de VCCN-richtlijn 7 vereiste beschermingsgraad aan de rand van het beschermde gebied bedraagt 2. Eerst is vastgesteld op welk punt de beschermingsgraad van 2 werd gerealiseerd. Dit is eerst uitgevoerd in de situatie waarbij het systeem continu in bedrijf is. Vervolgens is het systeem uitgezet en na verloop van tijd weer opgestart. Tijdens dit opstarten is op deze positie, een beschermingsgraad in steady state conditie van 2, continu gemeten en is continu de beschermingsgraad bepaald. Het moment dat de beschermingsgraad continu gelijk of groter is aan 2 is gedefinieerd als het moment waarop de luchtkwaliteit gelijk is aan de steady state conditie. Als tweede criterium is het temperatuurverschil tussen de neerwaartse luchtstroming en de periferie aangehouden.

Uit dit onderzoek in 3 operatiekamers van verschillende organisaties blijkt dat bij een goed functionerend UDF-systeem van ca. 3 x 3 meter de luchtkwaliteit na het opstarten van een systeem binnen 25 minuten weer aan de vereisten voldoet van een prestatieniveau-1 operatiekamer. De beperking van dit onderzoek is dat niet naar de oppervlaktereinheid is gekeken. Tijdens het uitzetten van het systeem zou mogelijk sedimentatie van de in de lucht aanwezige micro-organismen kunnen plaatsvinden op oppervlakken. Hierbij is het wel de vraag hoe de contaminatieroute vanaf deze mogelijk gecontamineerde oppervlakken (vloer, wand, apparatuur, etc.) naar het steriele instrumentarium en de operatiewond plaatsvindt. Figuur 2 geeft de contaminatieroute in een operatiekamer weer.

Ook blijft er een beperkte hoeveelheid geconditioneerde

lucht noodzakelijk om de temperatuur in de operatiekamer, als gevolg van de externe warmtelast en de interne warmtelast veroorzaakt door medische apparatuur in de stand-by stand (anesthesietoestel, monitoren, medische apparatuur, etc.), binnen aanvaardbare waarden te houden. De hoeveelheid SEC kan tijdens de nachtperiode en het weekeinde tot nul worden gereduceerd en de hoeveelheid ODA kan ook vergaand worden gereduceerd. Hiermee wordt niet alleen ventilatorenergie gereduceerd, maar wordt ook energie voor het koelen, ont- en bevochtigen en verwarmen significant gereduceerd, zonder dat dit een negatief effect heeft voor de luchtkwaliteit op de operatiekamer tijdens het operatieve proces.

Bij het ontwerp van deze systemen moeten dus aanvullende maatregelen worden genomen om deze schakeling mogelijk te maken. Dit betreft niet alleen de regeling, maar afhankelijk van de systeemopzet kan dat ook consequenties hebben voor de opzet van het systeem. Wordt hier in de ontwerpfase geen rekening mee gehouden dan is het vergaand reduceren van het energiegebruik tijdens de nachtperiode en het weekeinde vaak niet meer mogelijk. Zo moet bijvoorbeeld worden voorkomen dat er drukstoten op de (HEPA) filters komen waardoor de levensduur van deze filters wordt verkort, terwijl de standtijd van deze filters door een dergelijke schakeling juist zou kunnen toenemen.

Er zijn geen metingen van het energiegebruik van operatiekamers beschikbaar. Dit wordt veroorzaakt doordat de monitoring van energiestromen bij de meeste ziekenhuizen geen hoge prioriteit heeft. Het ontbreekt dus meestal aan gegevens betreffende de energiestromen van de koeling, verwarming en bevochtiging. Het elektriciteitsgebruik van de ventilatoren voor de ODA en SEC is soms wel beschikbaar. De enige manier om het

energiegebruik of de energiereductie vast te stellen is middels inschatting gebaseerd op berekeningen (temperatuurverschil, volumestroom) of gedetailleerde simulaties.

Een eenvoudige benadering betreft de benadering waarbij de bedrijfstijden ten opzichte van de tijd dat de operatiekamers niet worden ingezet worden vergeleken. Dit geeft een eerste grove inschatting van het energiereductie potentieel. Ten opzichte van een situatie waarbij het luchtbehandelingssysteem continu in vol bedrijf staat (vooral oudere operatiecomplexen) bedraagt deze besparing van het buiten de reguliere bedrijfstijden uitzetten van het ventilatiesysteem in de operatiekamer naar schatting $(24 \cdot 2 + (24 - 10) \cdot 5) / (24 \cdot 7) \cdot 100\% = 70\%$. Ten opzichte van de situatie waarbij het ventilatiesysteem in de periode dat er geen operaties plaatsvinden al wordt gereduceerd, veelal tot ca. 30% van de capaciteit, is deze besparing uiteraard lager. De reductie tot 30% wordt veelal ingegeven doordat bij de oudere systemen de aandrijfmotoren van de ventilatoren in twee standen schakelbaar zijn. Op basis van het onderzoek lijkt dat deze 30% echter nog verder gereduceerd kan worden [6]. Moderne frequentie gestuurde ventilatoren maken dit mogelijk. Hierbij kunnen de ventilatoren voor de SEC lucht volledig worden uitgezet, waarbij de ventilatoren die de geconditioneerde lucht naar de operatiekamers toevoeren zover worden gereduceerd, dat de temperatuur in de operatiekamer gehandhaafd blijft. De hoeveelheid is in deze situatie afhankelijk van de in- en externe warmtelast van de operatiekamer. Niet alle medische apparatuur in een operatiekamer kan door de opstarttijden die nodig zijn voor de zelfcontrole van apparatuur worden uitgezet. De medische apparatuur waarvoor dat niet geldt kan echter wel worden uitgezet.

Referenties

1. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Energiebesparing in de zorg: Jaarlijks 115 miljoen euro besparen kan. www.rvo.nl, Beurskrant Agentschap NL, oktober 2010.
2. Duurzaam Bedrijfsleven.nl. Intrakoop, de inkoopcoöperatie van de zorg, sluit een overeenkomst af met energiedienstverlener Innax om zorginstellingen te helpen hun energieverbruik te besparen. www.duurzaambedrijfsleven.nl, 5 april 2017.
3. Consultatie Wijziging Activiteitenbesluit artikel 2.15 Wet milieubeheer en Nota van Toelichting wijziging Activiteitenbesluit Wet milieubeheer. www.overheid.nl, 23 april 2018.
4. Traversari, A.A.L., Den Hoed, M., Di Giulio, R., Bomhof, F. Towards sustainability through energy efficient buildings' design: semantic labels. The International Journal Entrepreneurship and Sustainability Issues 2017 Volume 4 Number 3 (March), 2017.
5. Alsved, M., Civilis, A., Ekolind, P., Tammelin, A., et al. Temperature-controlled airflow ventilation in operating rooms compared with laminar airflow and turbulent mixed airflow. The Journal of hospital infection, 2018.
6. Traversari, A.A.L., Bottenheft, C., Heumen, S.P.M. van, Goedhart, C.A., Vos, M.C. Effect of switching off unidirectional downflow systems of operating theaters during prolonged inactivity on the period before the operating theater can safely be used. American Journal of Infection Control, 2017.
7. Lewis JR. Operating room air distribution effectiveness. ASHRAE Transactions. 1993;99(pt 2):1191-1200.
8. Memarzadeh F, Manning A. Comparison of operating room ventilation systems in the protection of the surgical site. ASHRAE Transactions. 2002;108(2):3-15.
9. Memarzadeh F, Manning A. Reducing risks of surgery. ASHRAE J. 2003;45(2):28-33.
10. NEN-EN 16798-3:2017. Energy performance of buildings - ventilation for buildings - part 3: For non-residential buildings - performance requirements for ventilation and room-conditioning systems (modules M5-1, M5-4). CEN (European Committee for Standardization). 2017.