

Auteurs

Dr. ir. R.P. (Rick) Kramer^{a,b}; dr. B. (Bart) Ankersmit^c; ir. E. (Edgar) Neuhaus^{a,b,d}; dr. H.L. (Henk) Schellen^a

a. Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, unit Building Physics and Services

b. DYSECO

c. Rijks erfgoedlaboratorium, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

d. Ingenieursbureau Physitec

Dynamische klimaatbeheersing voor musea en kunstdepots

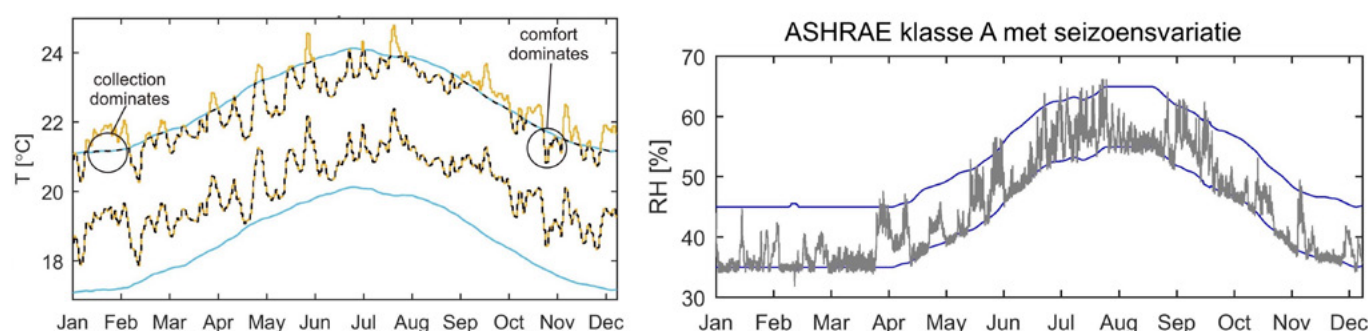
Veel musea hanteren een hoog circulatievoud vanwege collectiebehoud, waarvan het grootste gedeelte recirculatie. De huidige COVID-19 pandemie vraagt voor meer ventilatie in plaats van recirculatie. Echter, dit is niet zomaar mogelijk voor musea: de hoge luchtdoorspoeling van de ruimten middels ventilatie én strenge klimaateisen zouden resulteren in een extreem hoge energievraag. Bovendien zouden de klimaateisen vaak niet gehaald worden, omdat de capaciteiten van de luchtbehandelingscomponenten ontoereikend zijn. Dit artikel beschrijft hoe gezondheid en energie-efficiëntie, met aangetoonde besparingen van 50%, hand in hand gaan met het concept van dynamische klimaatbeheersing.

Ontwikkelingen in klimaateisen voor het erfgoed

Klimaatbeheersing in musea en andere erfgoedinstellingen heeft een enorme ontwikkeling doorgemaakt in de 20^{ste} eeuw. In 1990 lanceerde het toenmalige ministerie van Gezondheid en Cultuur het Deltaplan. De reden voor het Deltaplan voor Cultuurbehoud kwam

voort uit een enorme achterstand in collectiebehoud. Na een inventarisatie bleek dat de toestand van de Collectie Nederland bijzonder slecht was. Er is toen fors geïnvesteerd in het op niveau brengen van de algehele preventieve conservering, waaronder het binnenklimaat. In het Deltaplan waren geen klimaatrichtlijnen opgenomen, dus werden nieuwe eisen [1] ontwikkeld op nationaal niveau. Deze eisen waren zelfs strikter dan de internationale ontwikkelingen daarvoor op het gebied van klimaateisen [2]. De rasse schreden in de installatietechnologie in de tweede helft van de 20^{ste} eeuw zien we duidelijk terug in de klimaatprestaties die musea in de praktijk nastreefden: De toegestane afwijkingen in de ruimte en fluctuaties in de tijd – zowel over seizoenen als dagen – werden steeds kleiner en de uitgangspunten voor temperatuur en RV van 21°C en 50% RV waren als gebeiteld in steen. Een stabiel én uniform klimaat zou gerealiseerd worden door, respectievelijk, vaste setpoints en een hoog circulatievoud (veel doorspoeling van de ruimte met lucht), waarvan het merendeel recirculatie.

Veel musea, net als andere gebouwfuncties, installeerden steeds complexer wordende luchtbehandelingsinstallaties om te kunnen voldoen aan de strikte klimaateisen: Luchtbehandelingskasten met bevochtiging, ontvochtiging, verwarming en koeling – en



Figuur 1: Links: Met dynamisch klimatiseren wordt het optimale verloop van temperatuur bepaald binnen collectie- en comforteisen voor de laagst mogelijke energievraag [9]. Rechts: Het optimale verloop van RV, inclusief kortdurende en seizoensvariaties, wordt bepaald binnen de collectie-eisen om actieve bevochtiging en ontvochtiging tot een minimum te beperken [9].

niet te vergeten – de uitgebreide filtersecties inclusief fijnstoffilters, actieve koolstoffilters en elektrostatische filters. Sommige musea opteerden voor geklimatiseerde vitrines, zodat niet heel het gebouw strikt geklimatiseerd hoefde te worden. Degelijke vitrines zijn echter zeer kostbaar en zorgden vaak voor inflexibiliteit van de tentoonstellingsinrichting, waardoor dit voor veel musea niet aantrekkelijk is.

De nadelen van strikte klimaateisen en bijbehorende complexe klimaatbeheersing zijn door de volgende punten pijnlijk duidelijk geworden in de afgelopen decennia: (i) Een zeer hoge energievraag met dito kosten [3], vooral doordat meer dan 90% van alle musea gehuisvest zijn in monumentale gebouwen; (ii) Bouwfysische problemen door overmatige condensatie, zoals houtrot bij balkopleggingen en schimmelgroei [4]; (iii) Een enorme toename van de techniekafhankelijkheid.

Naast de genoemde nadelen blijkt de ingeslagen weg ook niet zo effectief als gedacht: Martens [5] ontwikkelde een methode om het risico voor de collectie te beoordelen gebaseerd op temperatuur- en RV-metingen door middel van schadefuncties. De methode beoordeelt hoe de objecten het klimaat ervaren en berekent het risico op biologische schade (schimmel), chemische schade en mechanische schade. De risico's voor de collectie in een monumentaal gebouw met een simpele installatie bleken vaak niet groter te zijn dan de risico's in een vergelijkbaar gebouw uitgerust met een complexe installatie. Dit wordt gestaafd door observaties van schadepatronen in de praktijk [6].

In de afgelopen jaren is het erfgoedveld zich hier steeds meer bewust van geworden. Niet op de laatste plaats door de resultaten van internationaal materiaal-technisch onderzoek, waaruit blijkt dat de meeste collectieobjecten veel robuuster zijn dan gedacht. De discussie over minder strikte klimaateisen duurt echter voort, onder andere als gevolg van het bruikleenverkeer waarbij nog steeds strikte klimaateisen de norm zijn. De transitie van het risicomijdende ideale klimaat voor de collectie

naar een adequaat risico-accepterend klimaat, waarbij ook gekeken wordt naar gebouwkenmerken en energievraag, is desalniettemin ingezet en ondertussen hebben internationale richtlijnen meer flexibiliteit ingebouwd, zoals in het ASHRAE Handbook HVAC Applications [7]. De richtlijnen spreken over seizoensaanpassingen, maximale variatie per 24 uur, en het belang van het historisch klimaat, de zogenoemde 'bewezen RV-fluctuatie'. Echter, deze flexibiliteit in de richtlijnen kent weinig opvolging om de volgende redenen: (i) musea hebben simpelweg de kennis en gereedschappen niet om het klimaat te regelen volgens deze nieuwe dynamische klimaateisen; (ii) bruikleeneisen bevatten nog steeds vaak strikte klimaateisen (hoewel inmiddels ontwikkelingen gaande zijn om bruikleeneisen te versoepelen).

Binnenklimaateisen gevat in het concept van Dynamische Klimaatbeheersing

Het promotieonderzoek van Kramer [8] heeft zich juist op deze lacune gericht: Het ontwikkelen en onderzoeken van meer energie-efficiënte binnenklimaatstrategieën waarbij de balans tussen collectiebehoud, thermisch comfort en gebouwbehoud centraal staat. Het hoofdresultaat is het concept van dynamische klimaatbeheersing waarbij de bepaling van correcte temperatuur en RV, inclusief toegestane variaties in de tijd, gevat is in een algoritme. Op basis van binnenklimaatmetingen, berekent het algoritme het optimale verloop van temperatuur en RV binnen de collectie- en comforteisen, voor een zo laag mogelijke energievraag. Door slim bij te sturen tussen dynamische grenzen voor temperatuur en RV, wordt de inzet van actieve verwarming, koeling, bevochtiging en ontvochtiging tot een minimum beperkt. Figuur 1 toont het mogelijke verloop over een jaar van temperatuur (links) en RV (rechts) conform ASHRAE Klimaatklasse A met seizoensaanpassingen. In tegenstelling tot een vooraf gedefinieerd verloop van temperatuur en RV, kan het optimale verloop zoals bepaald door het concept van Dynamische Klimaatbeheersing per geval verschillen, afhankelijk van de kwaliteit van de gebouwschil, het buitenklimaat, en interne lasten zoals van bezoekers.

Het concept is uitgebreid wetenschappelijk getest in de Hermitage Amsterdam. Dit museum is gehuisvest in een laat 17^e-eeuws gebouw aan de Amstel, zie Figuur 2. Van 2007 tot 2009 is het gebouw getransformeerd tot een modern museum. Door een jaar lang het binnenklimaat afwisselend te regelen conform de huidige 'gouden standaard' (21°C en 50% RV) en dan weer dynamisch, is een goed beeld verkregen van de energiebesparingspotentie in alle seizoenen. Daarvoor zijn alle energiestromen gemonitord in de luchtbehandelingskasten om de invloed inzichtelijk te maken van het concept op de energievraag. Middels deze langdurige metingen zijn energiebesparingen behaald van 50%, terwijl voldaan is aan ASHRAE Klasse AA, en tot maar liefst 63%, terwijl voldaan is aan ASHRAE Klasse A1 [9]. Daarnaast is het comfort van bezoekers verbeterd door het binnenklimaat beter af te stemmen op het buitenklimaat: Het aantal uren dat de binnentemperatuur niet voldeed aan de comforteisen [10] is gereduceerd met 80% in vergelijking tot een vast setpoint van 21°C zonder seizoensaanpassingen.

Figuur 2: Boven: Luchtfoto van de Hermitage Amsterdam (© Wooning Aviation). Onder: Doorsnede van één van de twee identieke expositievleugels (© Hans van Heeswijk Architecten).

Hoewel het concept veelbelovend was, konden musea er niet direct gebruik van maken doordat bestaande gebouwbeheersystemen niet standaard beschikken over deze functionaliteit. In samenwerking met de firma Kuijpers is daarom middels de spin-off DYSECO het concept doorontwikkeld tot een technologie die onafhankelijk is van het gebruikte gebouwbeheer-platform. Middels een nagenoeg plug-and-play module worden real-time de optimale setpoints voor temperatuur en RV bepaald, binnen de collectie-eisen en thermische comforteisen, rekening houdend met invloeden van buitenklimaat, bezoekers, en gebouw eigenschappen. De technologie kan direct gestart worden zonder a priori kennis en modelleren, en het verloop van het binnenklimaat is zelf-adaptief. Uiteraard zal de absolute energiebesparing per museum sterk afhankelijk zijn van de ingestelde klimaatklasse, de kwaliteit van de gebouwschil, interne lasten van bezoekers en verlichting en, internationaal gezien, de klimaatzone waar het museum zich bevindt. Echter, uit gebouwssimulaties blijken de relatieve besparingen (in procenten) in veel gevallen dicht in de buurt te liggen van de behaalde resultaten in de Hermitage Amsterdam [11].



COVID-19 en ventilatie in musea

Hoewel het RIVM op dit moment aangeeft "Het is op dit moment onduidelijk of aerogene verspreiding een relevante rol speelt bij de verspreiding van het virus" [12], zijn er steeds meer aanwijzingen dat verspreiding via de lucht wel degelijk een belangrijke transmissieroute kan zijn. Dit is uitgebreid toegelicht in verschillende media en heeft onder andere geleid tot een brandbrief van 6 juli 2020 aan de WHO [13]. Met name de combinatie van (A) veel mensen in een ruimte, (B) onvoldoende ventilatie en (C) zingen of praten met stemverheffing lijkt funest te zijn. REHVA geeft hiervoor in hun COVID-19 Guidance Document [14] concrete en goed onderbouwde adviezen om het besmettingsrisico via klimaatinstallaties te minimaliseren.

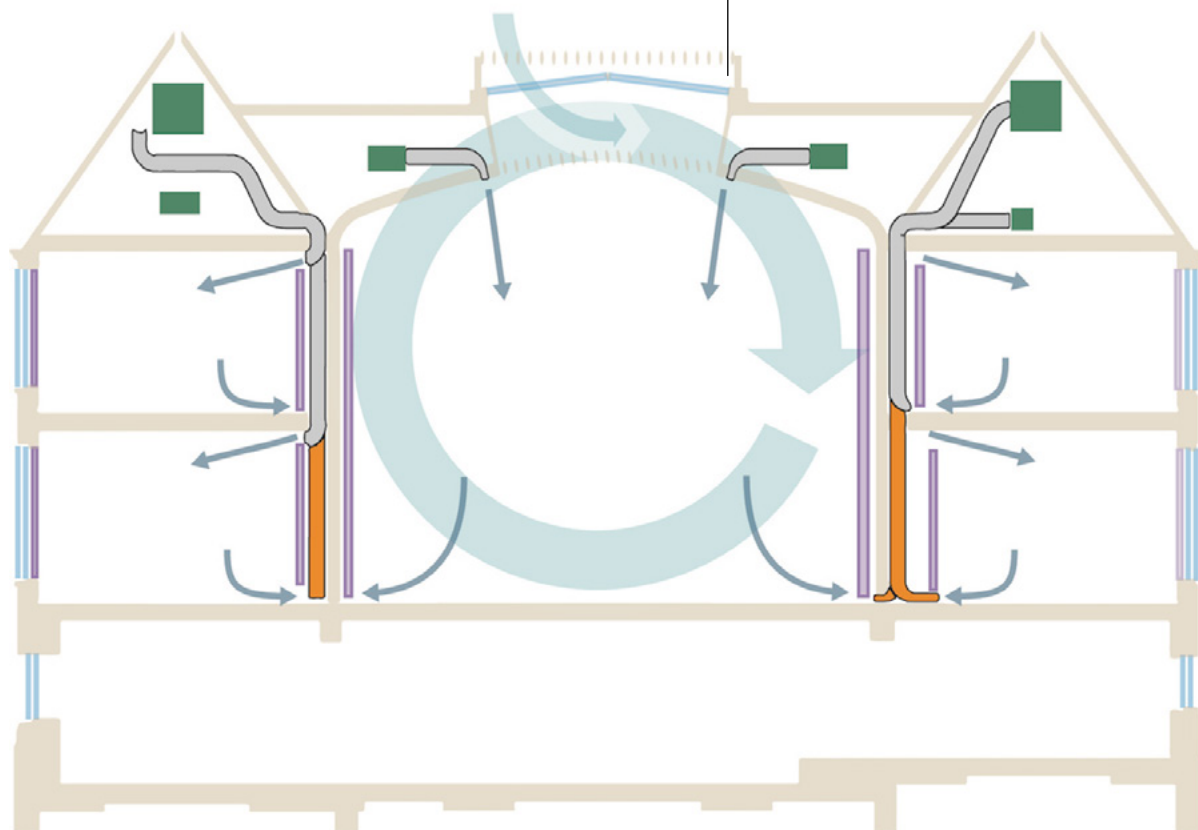
Wat zijn de mogelijkheden voor musea om op bovenstaande punten maatregelen te treffen? Musea beperken vooral het aantal bezoekers in een ruimte waarmee punt A wordt geadresseerd. Omdat punt C niet van toepassing is, resteert alleen een onderzoek naar de mogelijkheden voor aanpassing van ventilatie. Zoals eerder in dit artikel genoemd, hanteren veel musea een combinatie van een hoog circulatievoud van de ruimte (tot acht keer per uur doorspoelen met lucht), waarvan het merendeel recirculatie bedraagt (vaak 90%), zie Figuur 3 voor een illustratie hiervan. Vaak wordt een vast recirculatiedeel van 90% gehanteerd, maar steeds vaker wordt CO₂-gestuurde ventilatie toegepast met een maximum van 10% verse buitenlucht om zoveel mogelijk energieverlies via ventilatie te beperken en toch te voldoen aan het Bouwbesluit: 10% van een circulatievoud van 8 h⁻¹ betekent een ventilatievoud van 0,8 h⁻¹. Grosso modo wordt zo bij een bezetting van 1 persoon per 8 m² een ventilatiedebiet behaald van 35 m³/h per persoon. Het Bouwbesluit stipuleert echter minimumeisen voor ventilatie van gebouwen tijdens normaal gebruik, terwijl de huidige COVID-19 pandemie vraagt om zoveel mogelijk ventilatie. Dit impliceert twee zaken: (i) punt B 'onvoldoende ventilatie' is een belangrijk aandachtspunt voor musea; én (ii) het hoge circulatievoud kan leiden tot hoge lichtsnelheden die ervoor zorgen dat besmette aerosolen een gevaar vormen over grotere afstanden dan de aanbevolen 1,5 meter, vooral als de lucht een traject aflegt van persoon tot persoon [15].

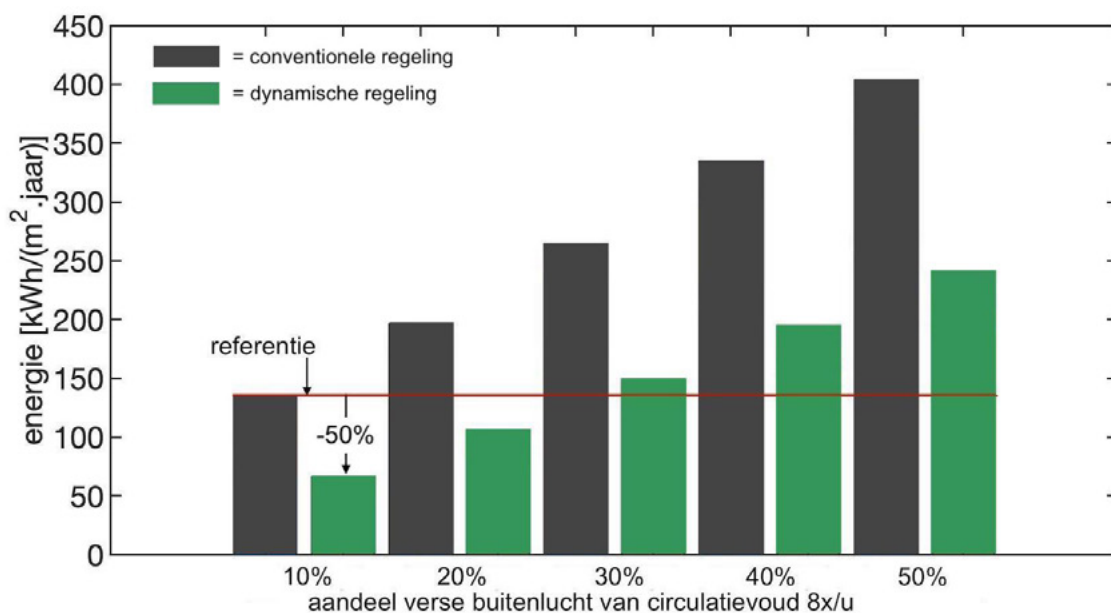
Als onderdeel van een adequate ventilatie, kan het toepassen van HEPA-filters of UV-licht mogelijkheid bieden tegen het corona-virus, maar filtratie valt buiten de scope van dit artikel. Het verlagen van het circulatievoud en het maximaliseren van het aandeel ventilatie zijn manieren om het risico op besmetting te beperken zonder rigoureuze aanpassingen aan de installatie. Maar kan dit wel vanuit het oogpunt van collectiebehoud?

Ventilatie en collectiebehoud

Vanuit een behoudsperspectief is er vanuit erfgoedinstellingen een sterke wens om gradiënten in tijd (fluctuaties) en ruimte tot een minimum te beperken. Risico's worden zoveel mogelijk uitgesloten opdat collecties tot in lengte van dagen kunnen worden ingezet. Aanzienlijke fluctuaties van de relatieve luchtvochtigheid hebben tot gevolg dat hygroscopische constructies kunnen

Figuur 3: Illustratie van een veelvoorkomende ventilatiestrategie met het merendeel bestaande uit recirculatie. Het betreft een doorsnede van de tentoonstellingsvleugel van de Hermitage Amsterdam met de grote zaal in het midden en de kabinetten aan beide zijden. Luchttoevoer en -retour vinden aan gelijke zijden van een ruimte plaats. De paarse vlakken illustreren de locaties waar schilderijen hangen.





Figuur 4: Gesimuleerde energievraag bij verschillende ventilatievouden conform de conventionele regeling en dynamische klimaatgrenzen voor temperatuur en RV conform de dynamische regeling. De dynamische klimaatgrenzen voldoen aan ASHRAE klasse A met seizoensaanpassingen.

vervormen en soms zelfs scheuren. Langzame en beperkte veranderingen van de RV leiden zelden tot mechanische schade. Gradiënten in de ruimte kunnen leiden tot lokale condities waarin schimmels goed gedijen, vooral bij lokaal hogere RV. Beide effecten worden bestreden door klimaatzones te doorspoelen met grote hoeveelheden geconditioneerde lucht.

In de praktijk blijken echter veruit de meeste erfgoedinstellingen hoe dan ook temperatuurgradiënten te hebben, met als gevolg afwijkende relatieve luchtvochtigheden. Afhankelijk van de kwaliteit van de thermische isolatie zullen de lokale RV verschillen aanzienlijk zijn, maar in de meeste gevallen valt het mee.

Of het circulatievoud teruggebracht kan worden zal sterk afhangen van de specifieke situatie in bouwkundige en installatietechnische zin. Er zal een onderscheid gemaakt moeten worden tussen zones met een hoge thermische isolatie en beschikbare thermische massa en de wijze waarop de temperatuur in de zone wordt gerealiseerd. Klimaatzones met een matige thermische isolatie en lokale verwarming (radiatoren) zullen bij een lage circulatie grotere ruimtelijke gradiënten vormen, terwijl een ruimte

met hoogwaardige isolatie en een all-air systeem meer uniforme ruimtelijke condities zal krijgen bij lagere circulatie. Waar de grens ligt en hoe deze bepaald kan worden zal uit (model)onderzoek moeten blijken. Voor historische huizen en kastelen lijkt het terugbrengen van de circulatie zeer uitdagend, terwijl dit voor middelgrote en grote musea en depots een mogelijkheid kan zijn.

Voor het behoud van collectie is circulatie eigenlijk niet essentieel zolang de condities waarin schimmel kan groeien niet bereikt worden. Dus bij een relatieve luchtvochtigheid tussen de 40% en 60% en een temperatuur die niet hoger wordt dan circa 25°C vraagt de collectie niet om verse lucht. Wel is het zo dat materialen vluchtige verbindingen, zogenaamde VOC's, emitteren. Deze VOC's zijn vooral goed op te merken bij bibliotheken en archieven als die typische boekenlucht. Juist voor de gezondheid van mensen is het van belang om deze vrijgekomen VOC's weer af te voeren. Dit kan met verse lucht, maar ook met gefilterde gerecirculeerde lucht. Hoeveel geventileerd moet worden om de optimale balans tussen afvoer en aanvoer van VOC's te hebben zal per situatie verschillen. Met behulp van sensoren kan eventueel in de tijd gelogd worden. Zo zou overdag het circulatievoud teruggebracht kunnen worden met 100% ventileren en 's nachts overgaan naar volledig recirculeren en eventueel met verhogen van het circulatievoud.

Gezondheid en duurzaamheid door slim ventileren en dynamische klimaatbeheersing

Het volledig overgaan van recirculatie op volledige ventilatie met buitenlucht, met gelijkblijvende luchtdebieten, is praktisch onhaalbaar. De luchtbehandelingscapaciteiten zijn dan ontoereikend voor verwarmen, koelen, bevochtigen en ontvochtigen. Het sterk verlagen van het circulatievoud kan ook niet zomaar, omdat luchtzijdig de capaciteiten bepaald worden door het

circulatiedebiet én het verschil in conditie van de inblaasluft ten opzichte van de ruimteconditie. Omdat het verschil tussen inblaasconditie en ruimteconditie idealiter niet meer mag zijn dan $\pm 5^\circ\text{C}$ vanuit het oogpunt van collectiebehoud, wordt de capaciteit van een all-air systeem sterk bepaald door het circulatievoud. Ook mag idealiter niet worden ingeblazen met een RV lager dan 35% en hoger dan 65%. Dit bepaalt de luchtzijdige capaciteit om te bevochtigen en ontvochtigen.

Om een idee te krijgen van de ordegrrootte van de invloed van het ventilatievoud op de energievraag en hoe dynamische klimaatbeheersing deze energievraag kan beperken, zijn gebouwssimulaties uitgevoerd. Het betreft een zeer gedetailleerd model van de Hermitage Amsterdam dat uitgebreid is gevalideerd en gepubliceerd voor een eerder onderzoek [16].

De simulaties laten zien dat het luchtzijdige vermogen voor deze gevalstudie met hoogwaardige gevel en all-air systeem voldoende groot blijft bij het verlagen van het circulatievoud naar 5 h^{-1} . Bij het verlagen van het circulatievoud naar minder dan 5 h^{-1} zullen de klimaatcondities bij typische winterse en zomerse buitencondities niet gehandhaafd kunnen worden. Een groot deel van het jaar, bij milde buitenklimaatcondities, zou een circulatievoud van 5 h^{-1} echter voldoende zijn.

Figuur 4 illustreert de luchtzijdige energievraag voor verschillende aandelen verse buitenlucht bij een

circulatievoud van 8 h^{-1} voor zowel statische klimaatcondities (21°C en 50% RV) volgens de conventionele klimaatregeling, als dynamische klimaatcondities volgens het concept van Dynamische Klimaatbeheersing conform ASHRAE klasse A met seizoensaanpassingen. Het aandeel verse buitenlucht heeft, uiteraard, een aanzienlijk effect op de energievraag. Echter, door het toepassen van dynamische binnenklimaatgrenzen kan deze energievraag sterk teruggedrongen worden. Het verhogen van het aandeel verse buitenlucht tot 30%, dus drie keer zoveel als in de referentie, leidt tot een vergelijkbare energievraag bij toepassing van dynamische klimaatgrenzen.

Conclusie

Het risico op besmetting via aerosolen kan mogelijk teruggebracht worden door het circulatievoud in musea te verlagen (lagere luchtsnelheid) en het aandeel ventilatie te maximaliseren. Het concept van dynamische klimaatbeheersing lijkt een goede weg om oog voor gezondheid te combineren met oog voor energie-efficiëntie en hierdoor ondanks de coronacrisis te kunnen voldoen aan de duurzaamheidsdoelstellingen. Door het toepassen van dynamische klimaatgrenzen kan het benodigde circulatievoud naar beneden doordat luchtzijdig (inblaas) minder capaciteit nodig is. Bovendien kan het aandeel buitenlucht omhoog bij gelijkblijvende energievraag.



dr.ir. Rick Kramer

Referenties

1. B.A.H.G. Jütte, *Passieve conservering: klimaat en licht*, Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam, 1994.
2. G. Thomson, *The Museum Environment*, First ed, Butterworth-Heinemann, London, 1978.
3. B. Ankersmit, *Klimaatwerk: Richtlijnen voor het museale binnenklimaat*, Amsterdam University Press, Amsterdam, 2009.
4. H.L. Schellen, *Heating Monumental Churches*, Indoor Climate and Preservation of Cultural Heritage, University of Technology Eindhoven, 2002.
5. M.H.J. Martens, *Climate Risk Assessment In Museums: degradation risks determined from temperature and relative humidity data*, Eindhoven University of Technology, 2012.
6. S. Ekelund, P. Van Duin, A. Jorissen, B. Ankersmit, R.M. Groves, A Method for Studying Climate-related Changes in the Condition of Decorated Wooden Panels, *Stud. Conserv.* 63 (2018) 62–71. doi:10.1080/00393630.2017.1325553.
7. ASHRAE, *Museums, Galleries, Archives, and Libraries*, in: M. Owen (Ed.), *Handb. HVAC Appl.*, SI edition, ASHRAE, Atlanta, 2019: pp. 23.1–23.22.
8. R.P. Kramer, *Clever Climate Control for Culture: Energy efficient indoor climate strategies for museums respecting collection preservation and thermal comfort of visitors.*, Eindhoven University of Technology, 2017.
9. R.P. Kramer, H.L. Schellen, A.W.M. Van Schijndel, Impact of ASHRAE 's museum climate classes on energy consumption and indoor climate fluctuations : Full-scale measurements in museum Hermitage Amsterdam, *Energy Build.* 130 (2016) 286–294. doi:10.1016/j.enbuild.2016.08.016.
10. R. Kramer, L. Schellen, H. Schellen, Adaptive temperature limits for air-conditioned museums in temperate climates, *Build. Res. Inf.* 46 (2018) 686–697. doi:10.1080/09613218.2017.1327561.
11. R. Kramer, J. van Schijndel, H. Schellen, Dynamic setpoint control for museum indoor climate conditioning integrating collection and comfort requirements: Development and energy impact for Europe, *Build. Environ.* 118 (2017) 14–31. doi:10.1016/j.buildenv.2017.03.028.
12. RIVM, *Aerogene verspreiding SARS-CoV-2 en ventilatiesystemen (onderbouwing)*, 28 juli. (2020). <https://lci.rivm.nl/aerogene-verspreiding-sars-cov-2-en-ventilatiesystemen-onderbouwing> (accessed September 15, 2020).
13. L. Morawska, D.K. Milton, It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19, *Clin. Infect. Dis.* (2020). doi:10.1093/cid/ciaa939.
14. J. Kurnitski, How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces, REHVA COVID-19 Guid. Doc. 3 August (2020) 1–17. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=PT%0Ahttp://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012PC0011:pt:NOT>.
15. M. Jayaweera, H. Perera, B. Gunawardana, J. Manatunge, Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy., *Environ. Res.* 188 (2020) 109819. doi:10.1016/j.envres.2020.109819.
16. R.P. Kramer, A.W.M. van Schijndel, H.L. Schellen, The importance of integrally simulating the building, HVAC and control systems, and occupants' impact for energy predictions of buildings including temperature and humidity control: validated case study museum Hermitage Amsterdam, *J. Build. Perform. Simul.* 10 (2017) 272–293. doi:10.1080/19401493.2016.1221996.