

Optimalisatie van de relatieve vochtigheid in een museale vitrine voor de bewaring van kunstschaten

Benjamin Hendriks

Danton Maes

master IIW Bouwkunde

master IIW Bouwkunde

Introductie

De beheersing van het binnenklimaat in museale ruimtes gebeurt doorgaans met HVAC-installaties (*Heating Ventilation and Airconditioning*). De elektrische energie die hiermee verbruikt wordt, leidt tot hoge energiekosten voor musea [1]. Met de hedendaagse energieprijzen zijn musea dan ook op zoek naar innovatieve oplossingen om de **fluctuaties** van de **relatieve vochtigheid (RV)** in vitrines te beperken en de kosten te reduceren.

Een **museale vitrine** creëert een microklimaat door het afschermen van de kunstschat ten opzichte van de museale ruimte. Het is belangrijk om de relatieve vochtigheid binnen in de vitrine te beheersen zodat de **kunstschaten** onder optimale omstandigheden bewaard worden, om zo de **degradatie** van deze objecten te voorkomen. Deze masterproef onderzoekt de optimalisatie van de RV in een museale vitrine.



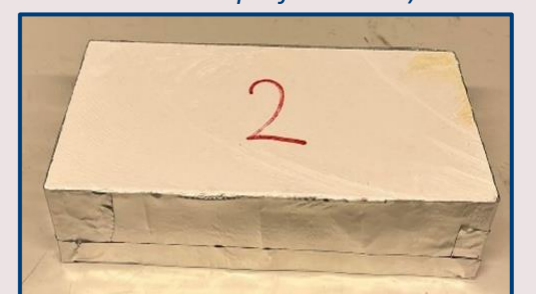
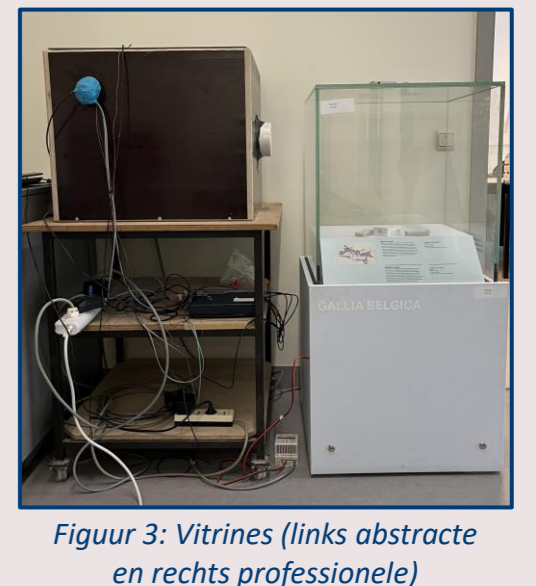
De optimale omstandigheden voor het bewaren van een kunstschat worden bereikt door het toepassen van **boundary control**, door het gebruik van een vitrine (Figuur 1). Eventueel wordt er ook een vochtbufferend materiaal toegevoegd in de vitrine (Figuur 2), in de vorm van **passive control** [2].



Materiaal en methode

Experimenteel

Binnen het experimenteel onderzoek zijn verschillende **testopstellingen** geconstrueerd. In deze testopstellingen wordt gebruik gemaakt van twee vitrines: **een abstracte vitrine en een professionele vitrine** (Figuur 3). Als vochtbufferend materiaal zijn **calciumsilicaat (CaSi)** samples gebruikt (Figuur 4), met startcondities op 80% RV. Tijdens de verschillende experimenten wordt er gebruik gemaakt van **sensoren** om zowel de RV, alsook de temperatuur binnen en buiten de vitrines te meten.



Alternatieve testopstellingen worden gebruikt om de invloed van de volgende parameters te bepalen op het RV-verloop in de vitrine: **de luchtdichtheid van de vitrine, de locatie van het sample en de luchtcirculatie in de vitrine.**

Theoretisch

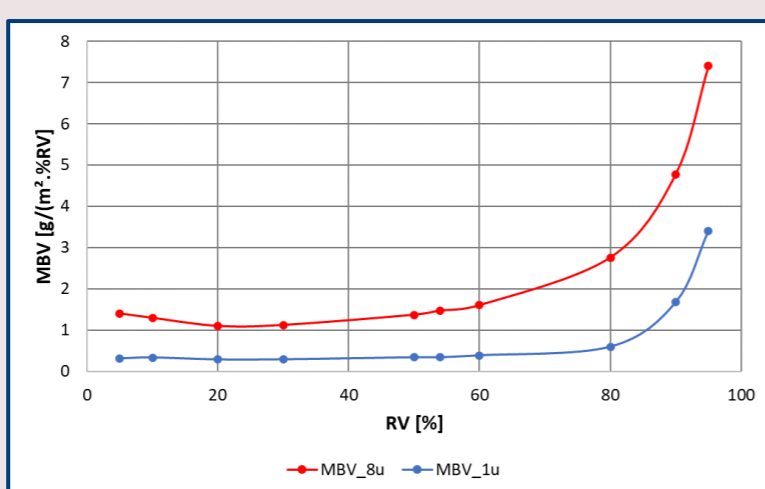
Aan de hand van **Delphin**, een hygrothermisch simulatieprogramma, wordt de **Moisture Buffer Value (MBV)** van calciumsilicaat in functie van de RV gesimuleerd. Deze MBV stelt het vochtbufferend vermogen van een materiaal voor.

Daarnaast wordt er een theoretisch model op basis van een **dampbalans** ontwikkeld om **het RV-verloop in een vitrine te voorspellen** aan de hand van opgelegde randvoorwaarden zoals de binnentemperatuur en de RV in de ruimte.

Theoretisch

Delphin

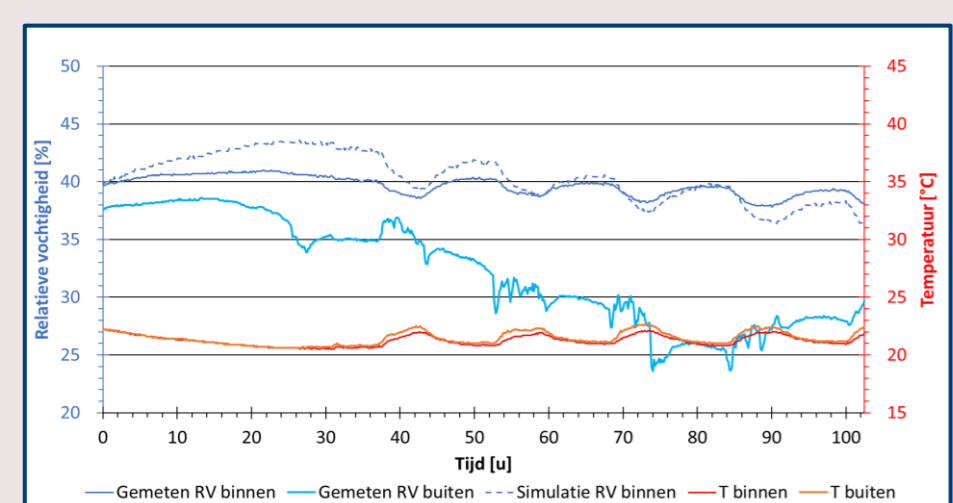
In Delphin is het vochtbufferend vermogen van CaSi voor **verschillende RV's** gesimuleerd. Hierdoor wordt een **dynamische MBV** bekomen die in functie staat van de RV (Figuur 10). Dit maakt het mogelijk om te werken met een representatieve waarde van het vochtbufferend vermogen van een materiaal.



Figuur 10: Dynamische MBV calciumsilicaat in functie van de RV

RV-voorspelling

Met de **dampbalans**, Formule (1), wordt de dampdruk binnen in de vitrine (p_{vi}) gevonden voor **verschillende randvoorwaarden**. Deze dampdruk wordt dan op zijn beurt omgezet naar een RV-waarde met Formule (2). Op deze manier wordt voor elke tijdstap een RV berekend. Zo wordt een RV-voorspelling in functie van de tijd bekomen. Figuur 11 geeft een voorbeeld van een dergelijke RV-voorspelling weer.



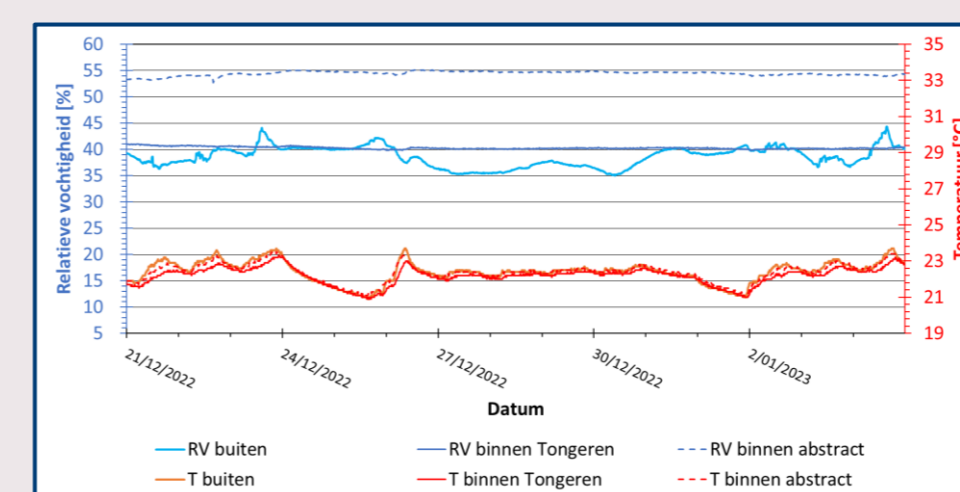
Figuur 11: RV-voorspelling in abstracte vitrine a.d.h.v. opgelegde randvoorwaarden zonder vochtbufferend materiaal

$$\left(\frac{V}{R_v + T_i} + \frac{100 \cdot HIR \cdot V}{P_{v,sat}(T_i)} \right) \cdot \frac{dp_{vi}}{dt} = (p_{ve} - p_{vi}) \cdot \frac{n \cdot V}{3600 \cdot R_v + T_i} + G_{vp} \quad (1)$$

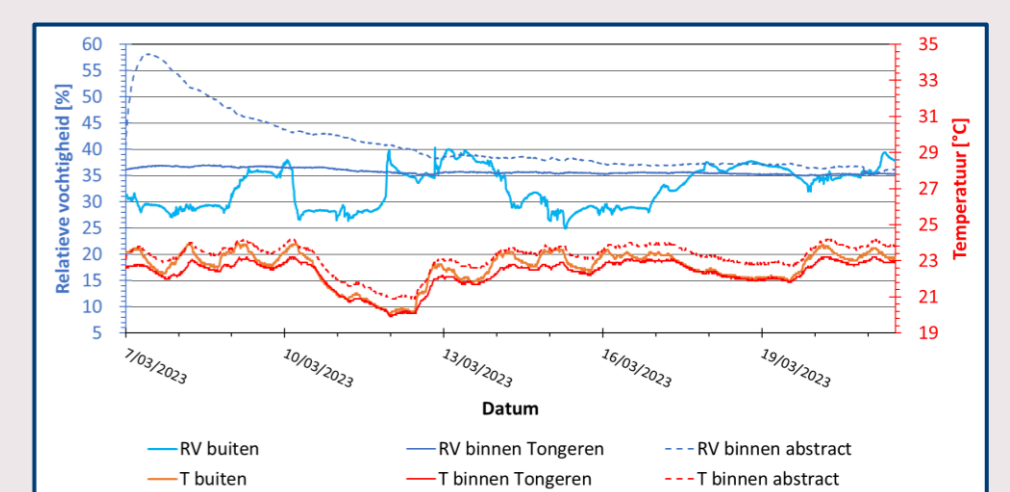
$$P_{vi} = RV_i \cdot P_{v,sat,i} \quad (2)$$

Experimenteel

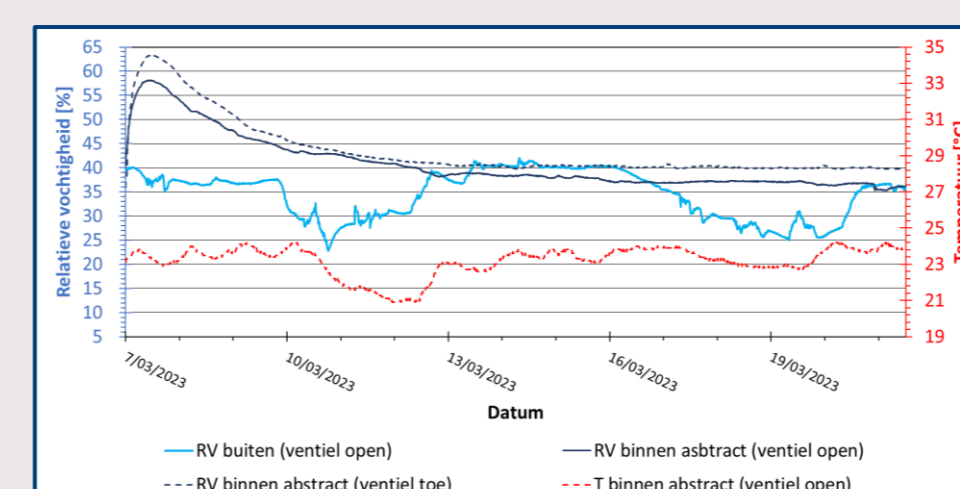
In het experimenteel onderzoek op de vitrines zijn er acht experimenten uitgevoerd. De metingen per experiment hebben een tijdsduur van **één of twee weken**. Voor het bepalen van de referentietoestand wordt de eerste reeks experimenten uitgevoerd op de lege vitrines (Figuur 5). Bij de volgende reeks experimenten wordt telkens de **invloed van één parameter** op het RV-verloop in de vitrines bepaald (Figuur 6, 7 en 8). Deze experimentele gegevens worden gebruikt ter verificatie van het model om RV-voorspellingen te doen.



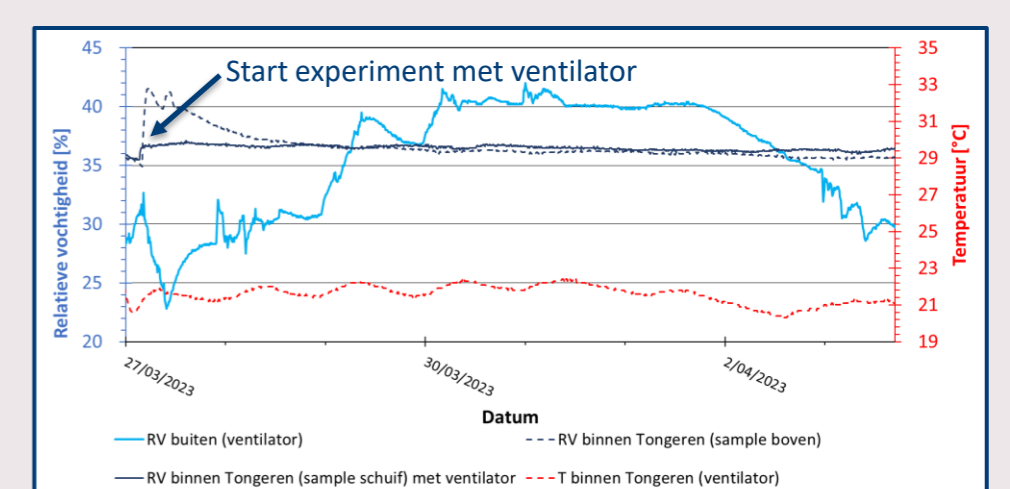
Figuur 5: RV- en T-verloop lege vitrines



Figuur 6: Invloed CaSi op RV- en T-verloop



Figuur 7: Invloed luchtdichtheid abstracte vitrine op RV-verloop

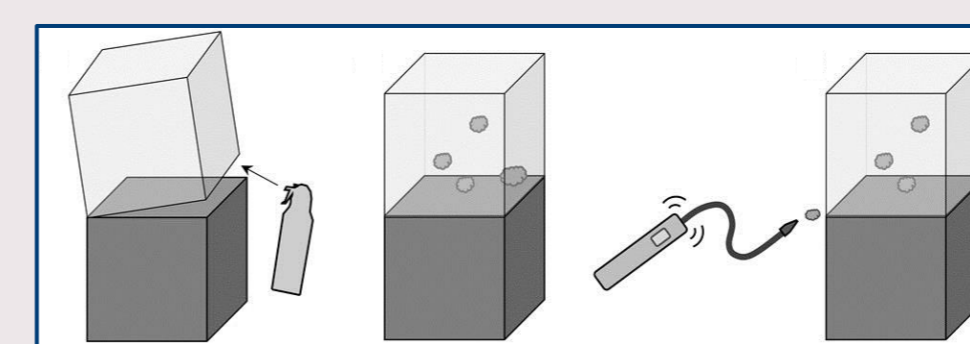


Figuur 8: Invloed luchtcirculatie en locatie CaSi-sample in professionele vitrine op RV-verloop

Conclusie

Uit de resultaten van het experimenteel onderzoek blijkt dat de **professionele vitrine zelf al een vochtbufferend vermogen bezit**. Verder ligt het RV-verloop in een vitrine hoger wanneer deze luchtdichter is. Daarnaast speelt de **locatie** van het vochtbufferend materiaal in de professionele vitrine een belangrijke rol. Ook heeft de toevoeging van een **ventilator** voor het verbeteren van de **luchtcirculatie** weinig impact op het RV-verloop in de professionele vitrine. De tracer verval test toont aan dat het ventilatievoud van de abstracte vitrine lager is dan van bij de professionele vitrine. Dat betekent dat de **abstracte vitrine luchtdichter is dan de professionele vitrine**. Uit het theoretisch onderzoek blijkt dat de **MBV van CaSi afhankelijk is van de RV**. Vanaf 60% RV bezit CaSi het grootste vochtbufferend vermogen. Het numeriek model op basis van de dampbalans, ten slotte, maakt het mogelijk om op voorhand het **RV-verloop** in een museale vitrine te **voorspellen**.

Voor het bepalen van de **luchtdichtheid** van beide vitrines wordt een **tracer verval test** (Figuur 9) gebruikt. Hierbij wordt CO₂ geïnjecteerd in de vitrines d.m.v. een injector. Door het verval van de **CO₂-concentratie in de tijd** op te meten wordt het **ventilatievoud** van de vitrines bepaald. Dit is een term die aangeeft hoeveel keer de lucht verversd wordt in de vitrine. De resultaten van de luchtdichtheidsmeting zijn getoond in Tabel 1.



Figuur 9: Testprocedure tracer verval test [3]

Tabel 1: Resultaten tracer verval test

	Ventilatievoud [1/d]
Professionele vitrine	1,25
Abstracte vitrine (ventiel toe)	0,26

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders

Prof. dr. ing. Bram Vandoren
Prof. dr. ir. Evy Vereecken
Prof. dr. ir. arch. Staf Roels

[1] M. Zhang, M. Qin en Z. Chen, „Moisture buffer effect and its impact on indoor environment,” *Procedia Engineering*, vol. 205, pp. 1123-1129, 22 Oktober 2017.
[2] M. Perino, „Air tightness and RH control in museum showcases: Concepts and testing procedures,” *Journal of cultural heritage*, vol. 34, pp. 277-290, 2018.
[3] J. Tétreault en E. Hagan, „Airtightness Measurement of Display Cases and Other Enclosures – Technical Bulletin 38,” 2022. [Online]. Available: <https://www.canada.ca/en.html>. [Geopend 19 april 2023].