

Energiebesparingen voor collectiebeherende instellingen: systeemkeuze en collectiebeleid in functie van museumbeleid

Annelies Cosaert – Sustainability Unit – Royal Institute for Cultural Heritage (KIK-IRPA) – Jubelpark 1, 1000 Brussel, België – annelies.cosaert@kikirpa.be

Met de hulp van:

Sebastien Thomas – Departement milieuwetenschappen, energiemonitoring en simulatie van gebouwen (BEMS) – Universiteit van Luik, (ULiège) – ULiège Arlon Campus Environnement, Bâtiment Chercheurs, Aile A, 2ème étage, Avenue de Longwy, 185, 6700 Arlon, België – sebastien.thomas@uliege.be

Marcin Zygmunt – Departement bouwfysica en duurzaam bouwen – Katholieke Universiteit van Luik – Kasteelpark Arenberg 40, bus 2447, 3001 Leuven – marcin.zygmunt@kuleuven.be

In het kader van het symposium: 'Installaties vs. Monument: verleden, heden, toekomst', 19 april 2024, Mauritskazerne Ede Wetenschappelijk-Technische groep voor Aanbevelingen inzake bouwrenovatie en monumentenzorg (WTA VL-NL)

ABSTRACT

Dit artikel behandelt energiebesparende strategieën op maat van instellingen die verantwoordelijk zijn voor het behoud van cultureel erfgoed, met de nadruk op systeemselectie en verzamelbeleid dat in lijn is met de museumdoelstellingen. Het Climate2Preserv (C2P) project, een samenwerkingsverband tussen het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK-IRPA), de Katholieke Universiteit Leuven (KUL) en de Universiteit van Luik (ULiège), heeft tot doel om musea te helpen bij het implementeren van energiebesparende projecten. C2P biedt een modulair protocol en gtoolbox die bruikbaar zijn voor instellingen van verschillende omvang en doelstellingen, waarbij de nadruk ligt op gebouwenvelopen, klimaatbeheersystemen, collecties en energieverbruik. Via casestudy's en betrokkenheid van belanghebbenden benadrukt het artikel de complexe wisselwerking tussen historische gebouwen, klimaatsystemen en de eisen voor het behoud van collecties. Het onderstreept het belang van het begrijpen van de behoeften van collecties, de capaciteiten van gebouwen en de functionaliteiten van systemen voor duurzame oplossingen die zijn afgestemd op instellingen voor cultureel erfgoed.

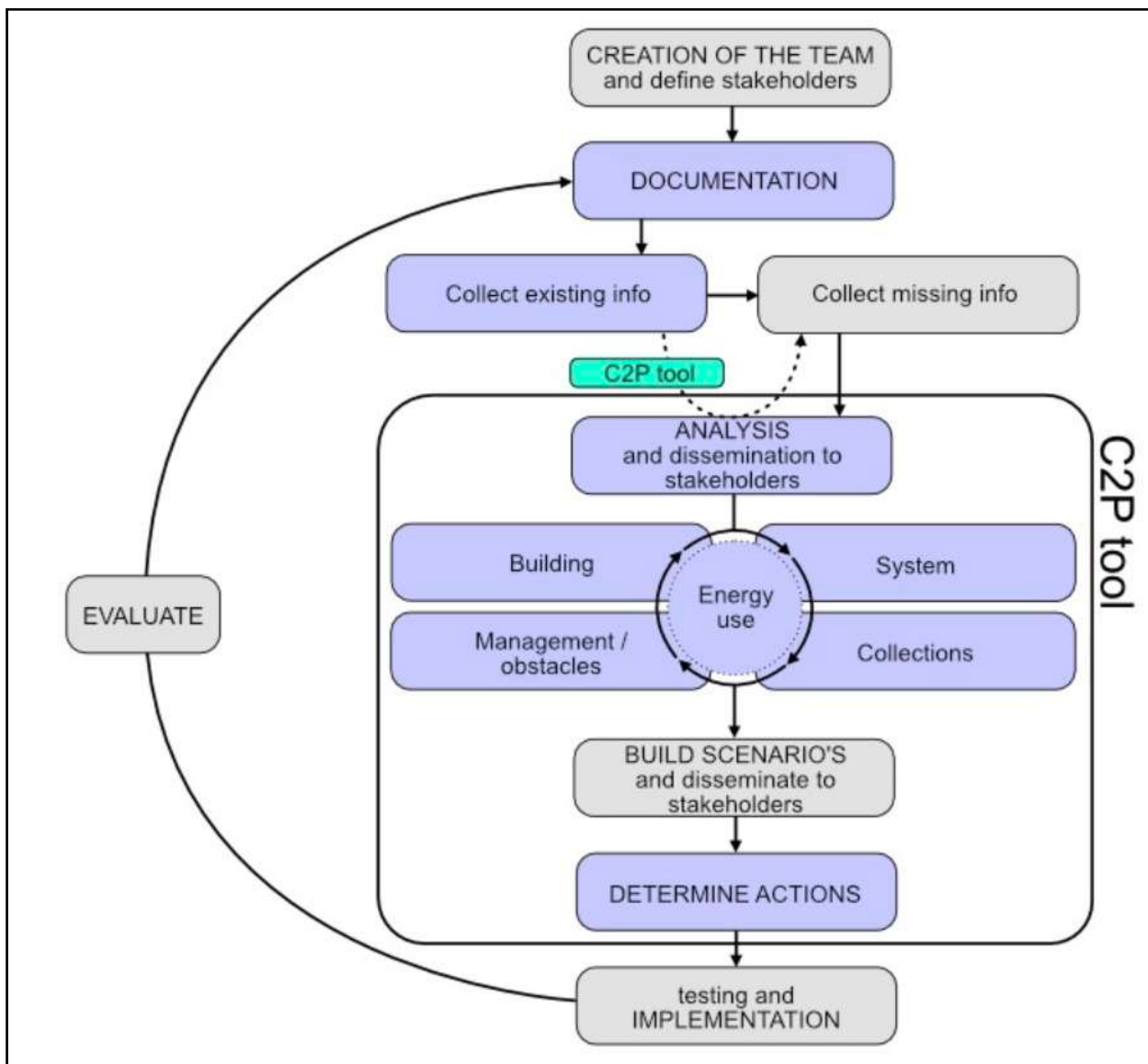
INLEIDING: DUURZAAMHEID IN HET CULTURELE ERFGOEDELD

Duurzaamheid heeft vele facetten binnen het culturele erfgoedveld en gaat van het ontwikkelen rampenstrategieën tot sociale duurzaamheid en inclusiviteit. Binnen het C2P project wordt de nadruk gelegd op ecologische duurzaamheid. Hierbij wordt niet enkel gestreefd naar een snelle reductie van CO2 maar eerder naar een geleidelijke reductie waarbij de natuurlijke levensduur van systemen en materialen worden gerespecteerd. Energieverbruik wordt hierbij uitgedrukt in kWh. De eigen energieproductie d.m.v. hernieuwbare bronnen wordt aangemoedigd, maar in het algemeen wordt het bewust omgaan met energie benadrukt i.p.v. het louter drukken van de kosten verbonden aan het energieverbruik.

1. CLIMATE2PRESERV (C2P) en C2P LIGHT

Climate2Preserv (C2P) is een vier jaar durend interdisciplinair onderzoeksproject, gefinancierd door de Belgian Science Policy (BELSPO) dat als doel heeft musea te helpen om projecten inzake energiebesparing te realiseren. Het is een samenwerking tussen de cel duurzaamheid en het labo

monumenten van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK-IRPA), het departement bouwfysica en duurzaam bouwen aan de Katholieke Universiteit van Leuven (KUL) en het departement milieuwetenschappen, energiemonitoring en simulatie van gebouwen (BEMS) aan de Universiteit van Luik,(ULiège). C2P richt zich op middelgrote tot grote musea (o.a. de Belgische Federaal Wetenschappelijk Instellingen (FWI's)). De case-studies die hier behandeld worden zijn: een aantal zalen van de Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België (KMSKB-MRBAB), hun satelliet museum het Wiertzmuseum en de acetaatcollectie van het Belgisch Koninklijk Filmarchief (beter gekend als CINEMATEK).

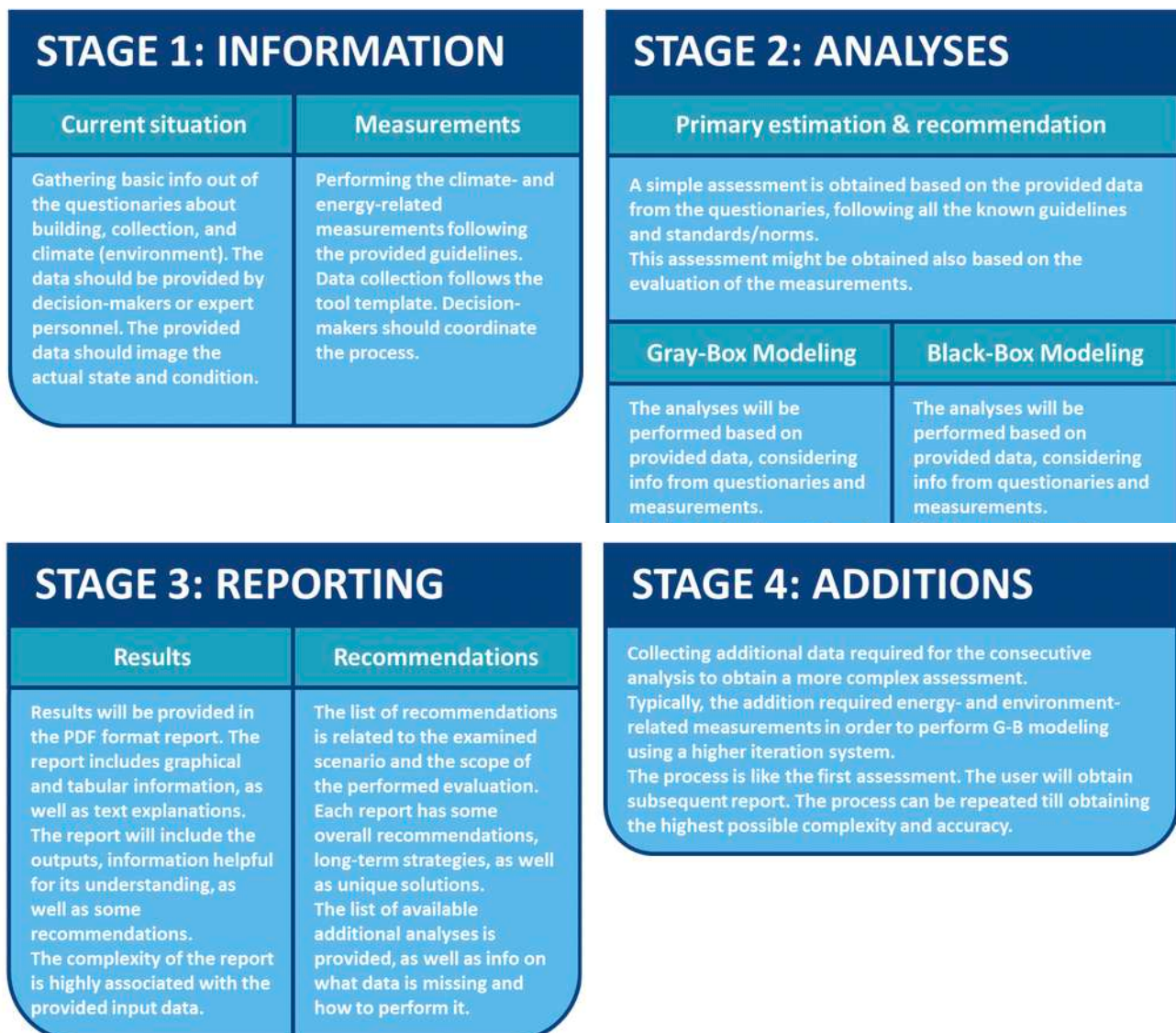


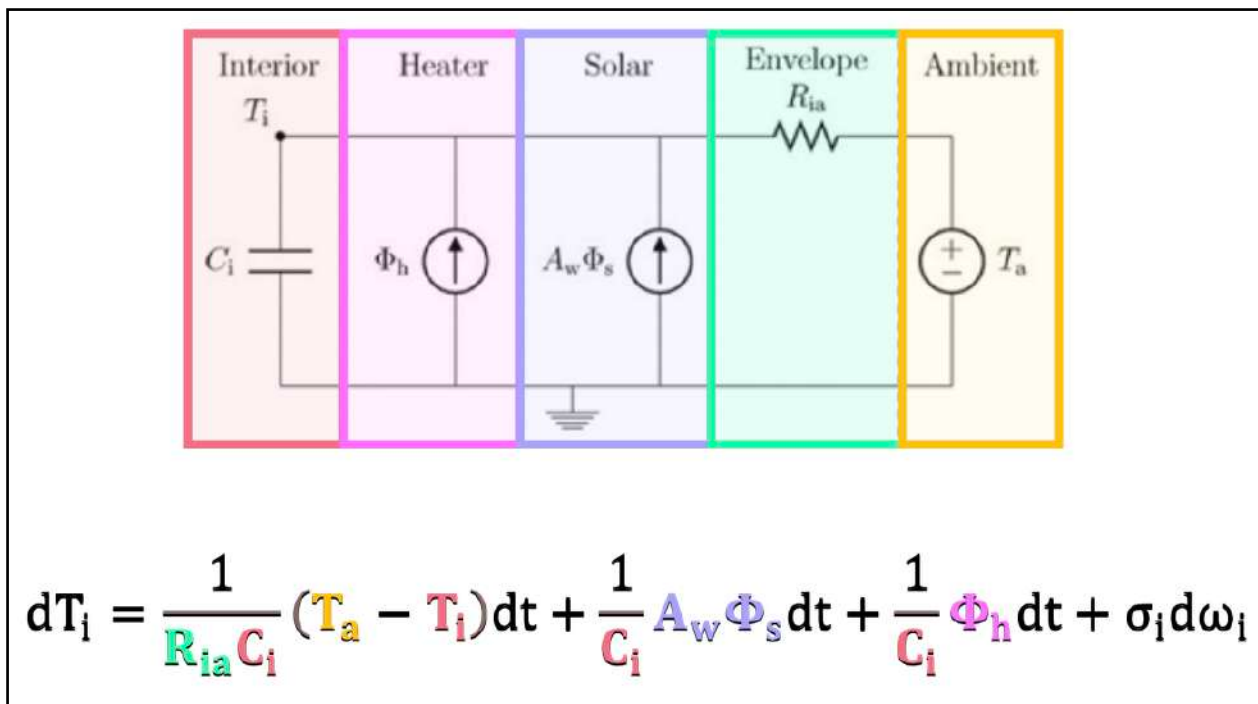
Figuur 1: Een schematische voorstelling van het volledige C2P protocol. Bij het zoeken naar energiebesparingen op korte termijn wordt het hele protocol doorlopen. Op lange termijn wordt geëindigd met 'determine actions' waarbij bouweisen (of systeemeisen) worden geformuleerd. C2P light wordt dan weer voorgesteld door de blauw/paarse delen. Er wordt geen nieuwe informatie verzameld en gaat men onmiddellijk over naar het bepalen van acties op basis van prioriteit. De 'C2P tool' (zie ook fig. 2) kan gebruikt worden om ondersteuning te bieden bij de te nemen stappen binnen het kader. © KIK-IRPA, Brussels

Door het verkrijgen van extra subsidies via de Belgische Nationale Loterij is een aanvullend twee jaar durend project gestart. Dit project, dat ‘**C2P Light**’ gedoopt werd, richt zich op kleinere tot middelgrote musea. Het is een samenwerking tussen de culturele erfgoedinstelling en een team van experts met als doel om binnen een tijdspanne van 2-5 dagen haalbare energiebesparende maatregelen te formuleren en die in te plannen in het meerjarenplan van de instelling. Dit project is een samenwerking tussen KIK-IRPA, KUL en de Nederlandse Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE).

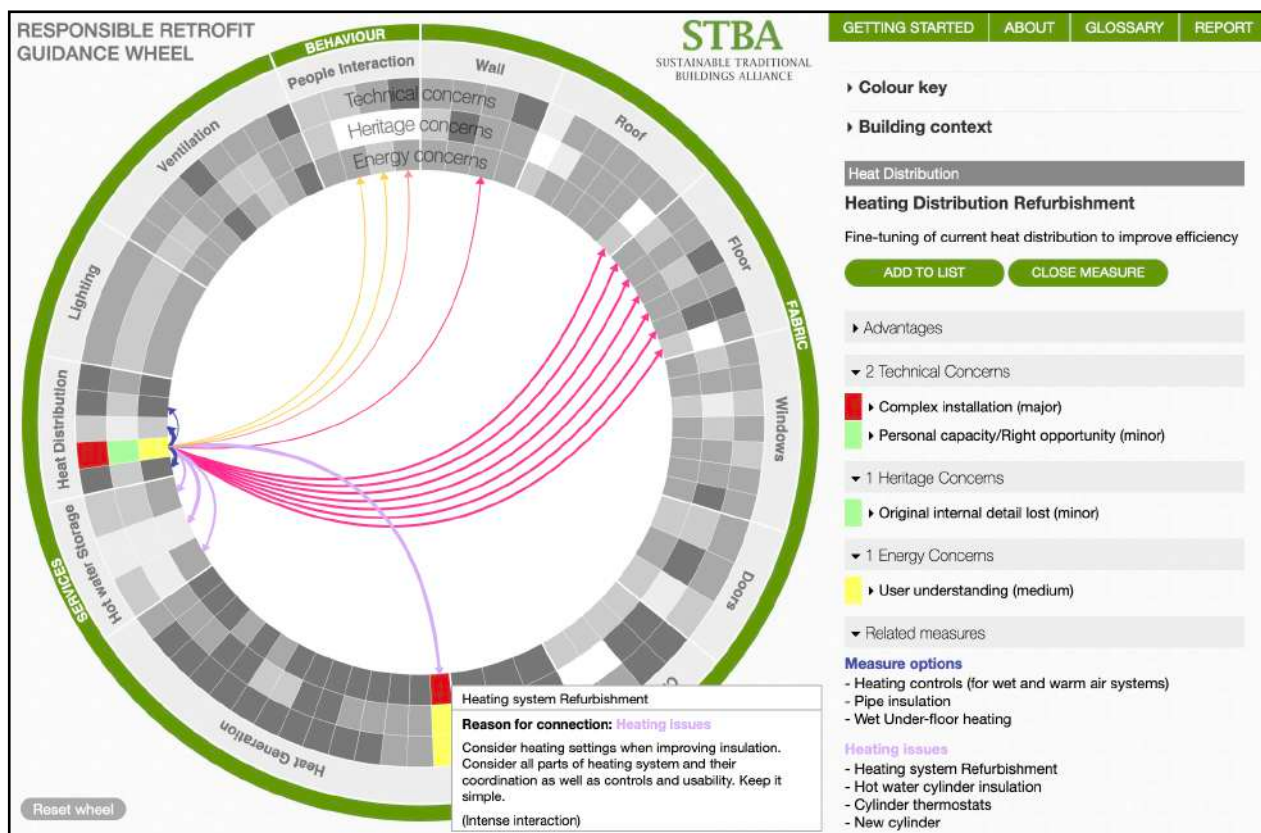
C2P rijkt een **modulair protocol** aan in de vorm van een handboek, dat door instellingen van verschillende omvang en met verschillende doelstellingen kan gebruikt worden (fig. 1). De focus ligt hierbij op de bouwschil, de aanwezige klimaatcontrolesystemen, de collectie en het energieverbruik. Het helpt instellingen om te begrijpen wat ze in huis hebben en wat hun mogelijkheden zijn voor optimalisatie. Verder rijkt het een toolbox aan die zowel bestaande (fig. 2 en 3) als nieuwe tools (fig. 4) aanbiedt. Het geeft een indicatie van de complexiteit van de verschillende tools en beschrijft de mogelijkheden voor de gebruiker en de te verwachten resultaten.

Figuur 2: De verschillende stappen die worden doorlopen in de C2P tool en de resultaten die kunnen worden gegenereerd. © KUL





Figuur 3: Een schematische weergave van de 'grey-box modeling' module binnen de C2P tool waarbij verschillende bouwfysische eigenschappen worden geanalyseerd. © KUL



Figuur 4: Een bestaande tool zoals het 'Responsible Retrofit Guidance Wheel' laat je toe om bepaalde voorgestelde aanpassingen aan 'systemen (passief of actief)', 'onderdelen van de bouwschil' en 'menselijk gedrag' met elkaar in verband te brengen. De impact op erfgoedaspecten worden hier ook belicht. © STBA

2. BIJZONDERE NODEN VOOR CULTURELE ERFGOEDINSTELLINGEN

2.1. BESCHRIJVING VAN COLLECTIEBEHERENDE INSTELLINGEN

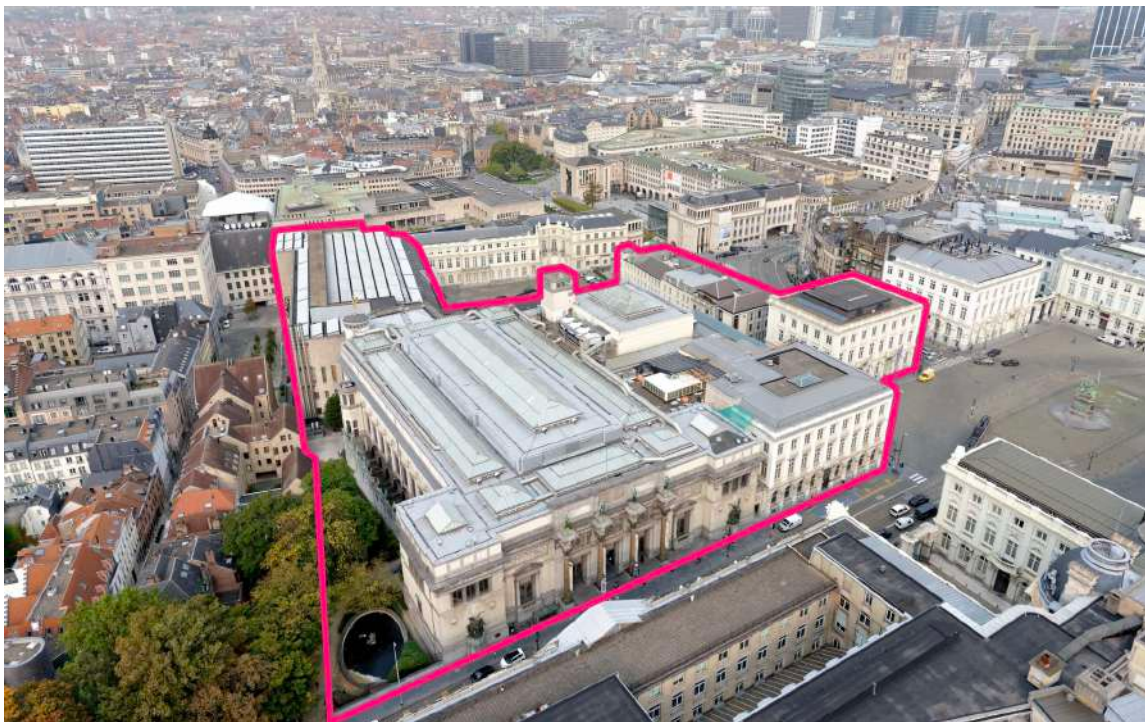
Collectiebeherende instellingen hebben als prioriteit het delen en toegankelijk maken van hun collecties voor het publiek. Daarbij zijn zaken zoals **scenografie, educatie, communicatie, onderzoek en preservatie** belangrijk. Hoewel het gebouw vaak essentieel is voor de beleving van de bezoeker en het binnenklimaat als belangrijk wordt ervaren voor collectiebehoud en comfort, worden systemen en bouwschil vooral gezien een middel om de museale (of andere collectiebeherende) taken te ondersteunen.

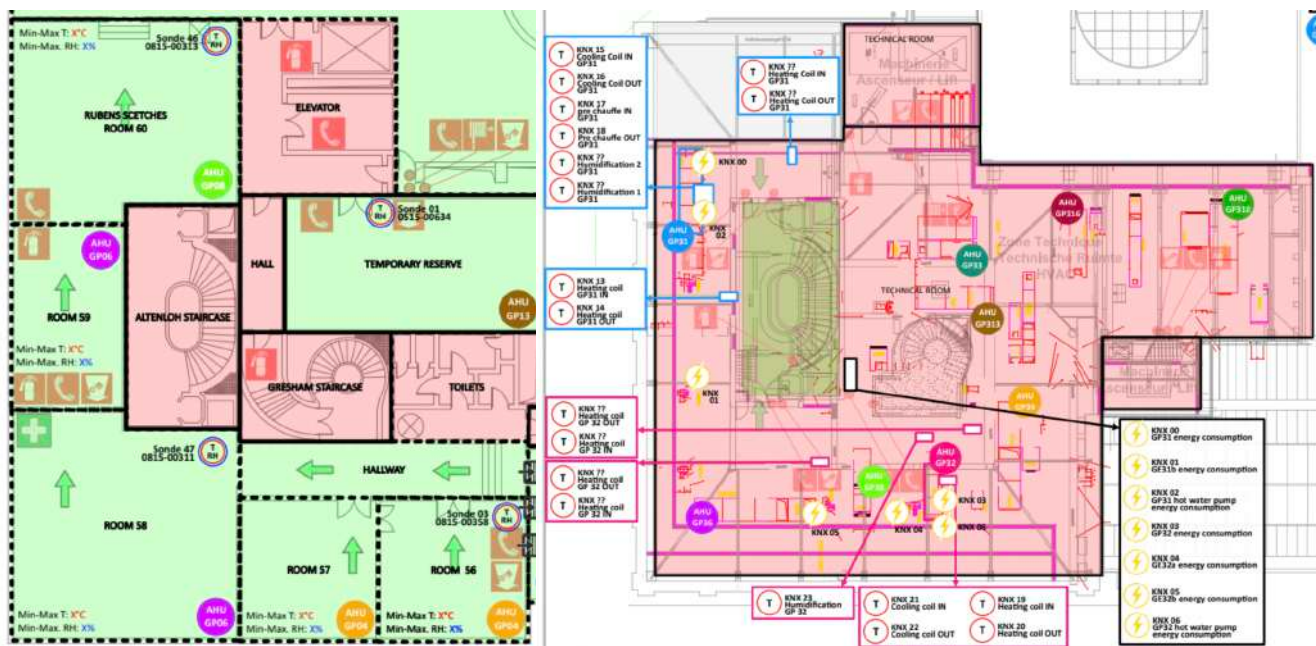
Er zijn verschillende types collectiebeherende instellingen. Deze worden in het 'ASHRAE Handbook - HVAC Applications' omschreven in hoofdstuk 24 als 'musea, archieven, gallerijen en bibliotheken'. Binnen C2P beschouwen we depots als archieven en nemen ook religieuze gebouwen mee in rekening. Hieronder vinden we een beschrijving van een aantal representatieve instellingen.

Bij **grote musea** zoals het KMSKB (fig. 5-7) vinden we regelmatig grote installaties en complexe HVAC systemen terug. Deze controleren doorgaans zowel temperatuur als vochtigheid in de collectiehoudende ruimtes. Voor publieke collectieruimtes wordt bovendien het hele jaar door een comforttemperatuur gevraagd (18-20°C). Ruimtes (of vitrines) voor stukken in bruikleen kunnen moeten voldoen aan bijzondere eisen die beschreven staan in de 'bruikleenovereenkomst' door de eigenaar van het werk (bruikleengever) en het museum die het tentoonstelt (bruikleenemer). De meeste grotere instellingen hebben een intern facilities team. Deze musea hebben vaak ook depot's (sluit eerder aan bij 'archieven' hieronder beschreven).

Figuur 5: Het KMSKB is een site met een aantal gebouwen van verschillende aard. 'Fase 3', het deel van het gebouw dat voor het project wordt bekeken, is verdeeld over 7 à 8 verdiepingen. De klimaatcontrole bevindt zich op de vierde en vijfde verdieping en stuurt het binnenklimaat aan voor restauratieateliers, tentoonstellingsruimtes, bureaus, depots en archieven. De ijswaterproductie bevindt zich centraal op de site en wordt gedeeld met de Koninklijke Nationale Bibliotheek.

© De Regie der Gebouwen





Figuur 6 (links) toont een deel van de 2de verdieping van 'Fase 3' met verschillende publieke en niet publieke ruimtes. Deze worden gecontroleerd door luchtgroepen. Dit plan geeft ook aan welke sensoren zich in welke ruimte bevinden.
 Figuur 7 toont de vierde verdieping, de locatie van de verschillende luchtgroepen en de metingen die binnen deze groepen worden uitgevoerd. Het energieverbruik voor verwarming en koeling worden hier afzonderlijk gemeten. Beide © KIK-IRPA, Brussels

Bij **kleine tot middelgrote musea en religieuze gebouwen** vinden we soms HVAC systemen maar vaker zijn de gebouwen enkel verwarmd en is er al dan niet gebruik gemaakt van mobiele bevochtigers. De verwarmingssystemen en energiebronnen kunnen erg variëren. Soms zijn er geen of slechts in een deel van het gebouw systemen aanwezig. Regelmatig treffen we historische luchtbehandelingssystemen en vloerverwarming aan al dan niet in combinatie met radiatoren. Er is soms een (klein) intern technisch team dat verantwoordelijk is voor onderhoud. Deze instellingen zijn minder vaak afhankelijk van strenge bruikleeneisen en kunnen flexibeler optreden met betrekking tot temperatuurverlaging. Bezoekers kunnen de jassen aanhouden en tijdelijke sluitingen (winter) zijn niet ongewoon. Representatieve voorbeelden hier zijn het FeliX Art and Eco Museum in Drogenbos, Het Wiertz Museum, Erasmushuis en Begijnhof in Anderlecht.



Figuur 8 (links boven) toont het voormalig schildersatelier van het Wiertzmuseum waar het klimaat wordt gecontroleerd door radiatoren in combinatie met natuurlijke ventilatie. Rond de dakstructuur zijn ook warmtebronnen aanwezig.

Figuur 9 (rechts boven) toont een zaal van het Erasmushuis waar de roosters die verbonden zijn met het luchtbehandelingssysteem zichtbaar zijn. Deze zaal wordt verder gecontroleerd d.m.v. mobiele bevochtigers. Daarnaast zijn er historische vitrines aanwezig die zijn aangepast om m.b.v. silicagel de vochtigheid passief te controleren.

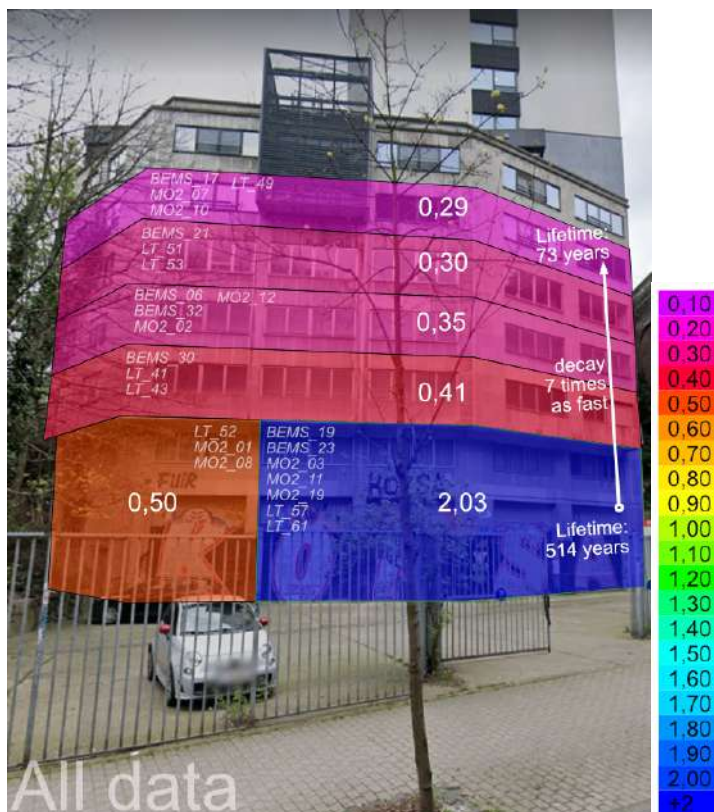
Figuur 10 (links onder) toont het FelixArt en Eco Museum. Van deze vier voorbeelden is dit het enige dat 'purpose-built' is. Het klimaat wordt gecontroleerd door een HVAC systeem dat ook de vochtigheid kan aansturen.

Figuur 11 (links onder) toont het kleinste Begijnhof van België dat bestaat uit twee gebouwen rond een centrale 'koer'. De temperatuur wordt gecontroleerd met behulp van simpele radiatoren.

Respectievelijk: © KIK-IRPA, Brussels, © Brussels Museums, © Het Nieuwsblad en © Brussels Museums.



Voor **archieven, depots en (erfgoed)bibliotheken** zijn de eisen voor de publieke ruimtes meestal gelijkaardig aan die van kleine of middelgrote musea. Hoewel de aanwezige systemen hier ook kunnen variëren hebben deze instellingen vaak twee grote voordelen: de massa van de aanwezige collectie die mee het klimaat kan modereren en de niet-publieke aard van de ruimtes (als deze niet als werkruimte worden gebruikt) waardoor de comforttemperatuur niet moet worden behouden. Een voorbeeld is hier CINEMATEK (fig. 12-13).



Figuur 12 en 13: CINEMATEK huist een acetaat filmcollectie in een voormalige parkeergarage onder een woon-zorgcentrum. Een acetaatfilm is chemisch onstabiel. Het natuurlijk verval kan dus vertraagd worden door deze aan koele temperaturen te bewaren. De bouwschil werd slechts in heel beperkte mate aangepast aan de noden van de gebruikers. De benedenverdieping (blauw) wordt gekoeld, de overige verdieping genieten progressief mee van die koeling. We nemen desalniettemin waar dat de voorspelde 'levensduur' van de werken sterk gereduceerd wordt naarmate de binnentemperatuur stijgt. © KIK-IRPA, Brussels

2.2. STAKEHOLDERS

Net zoals bij de meeste publieke gebouwen zijn de **eigenaar** van het gebouw, de **gebruiker** van het gebouw, de persoon verantwoordelijk voor het **onderhoud van de installaties** en de instelling die de **energierekening** betaald, regelmatig verschillende instanties.

De meeste culturele erfgoedinstellingen zijn gebruiker van een gebouw van de overheid dat al dan niet gebouwd of verbouwd werd om een collectiebeherende functie te hebben (fig. 10 en 13). Hoewel ze meestal niet de eindverantwoordelijkheid dragen voor duurzame aanpassingen aan de bouwschil of klimaatcontrolesystemen, kunnen ze wel zelf in zekere mate bijdragen aan het voorstellen van duurzame maatregelen.

We zien echter regelmatig een **gebrek aan informatiedeling**, een moeilijke communicatie gelinkt aan het gebruik van **vakjargon**, of een algemeen onbegrip voor de prioriteiten van andere departementen of instanties. Langdurig zoeken naar duurzame en robuuste oplossingen ontstaat als:

- er goede samenwerking is tussen facilities / technische dienst en de collectiebeheerder;
- een goede samenwerking is tussen de gebouwbeheerder en gebruiker;
- en/of als eenzelfde instantie verantwoordelijk is voor het gebouw, het onderhoud en de betaling van de energierekeningen.

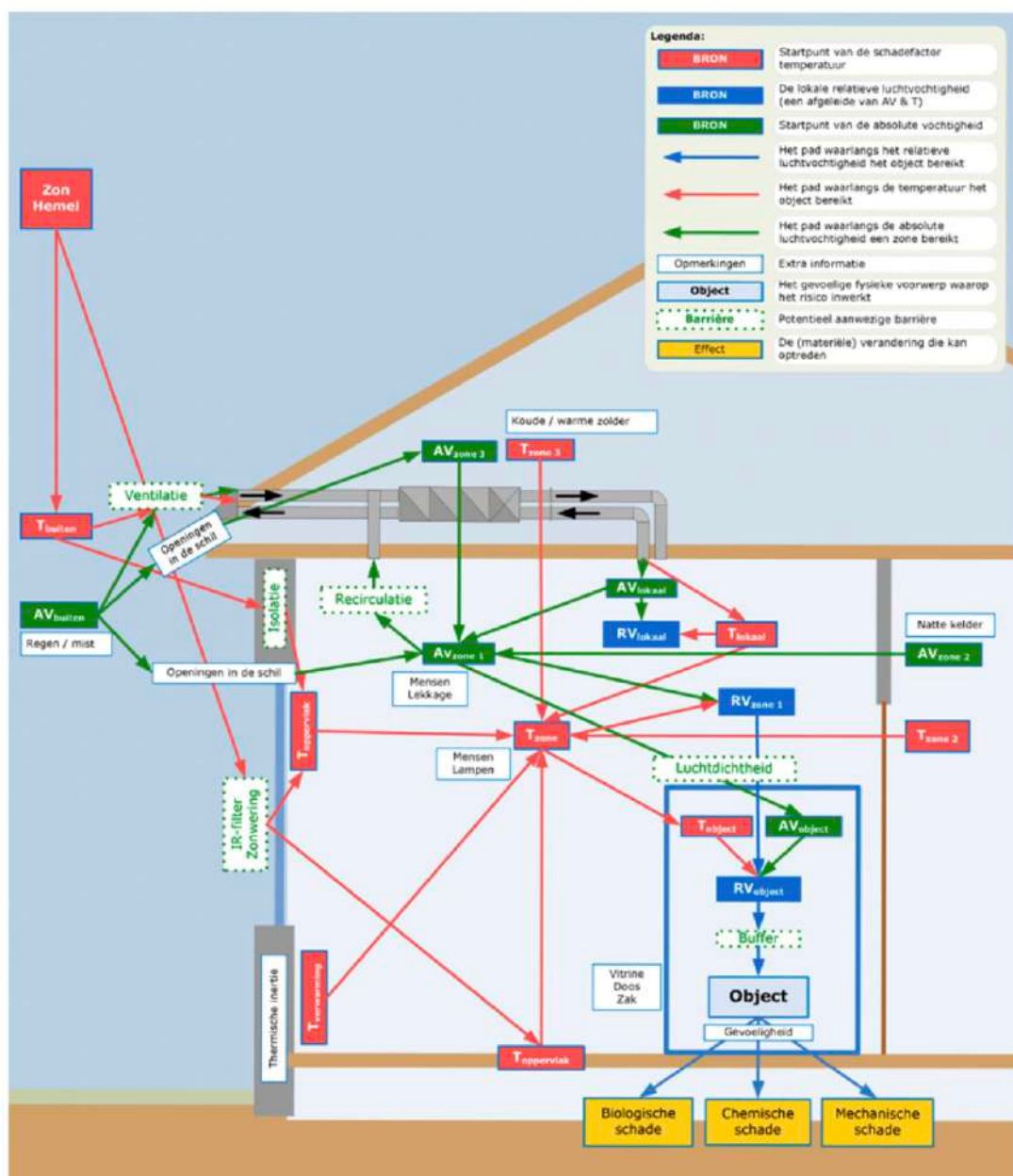
We merken op dat het formuleren van collectienoden in het kader van een renovatie van een gebouw of systeem vaak een moeilijke opdracht is voor de collectiebeheerder. Een gebrek aan kennis van de capaciteiten van de bouwschil in combinatie met te strenge klimaat-eisen in kader van collectiebeheer, zorgt er regelmatig voor dat er, in het kader van een haalbaarheidsstudie, complexe en energieverslindende systemen worden voorgesteld. Dit is vaak de enige oplossing om binnen een historische bouwschil aan die strenge eisen te voldoen.

2.3. COLLECTIENODEN

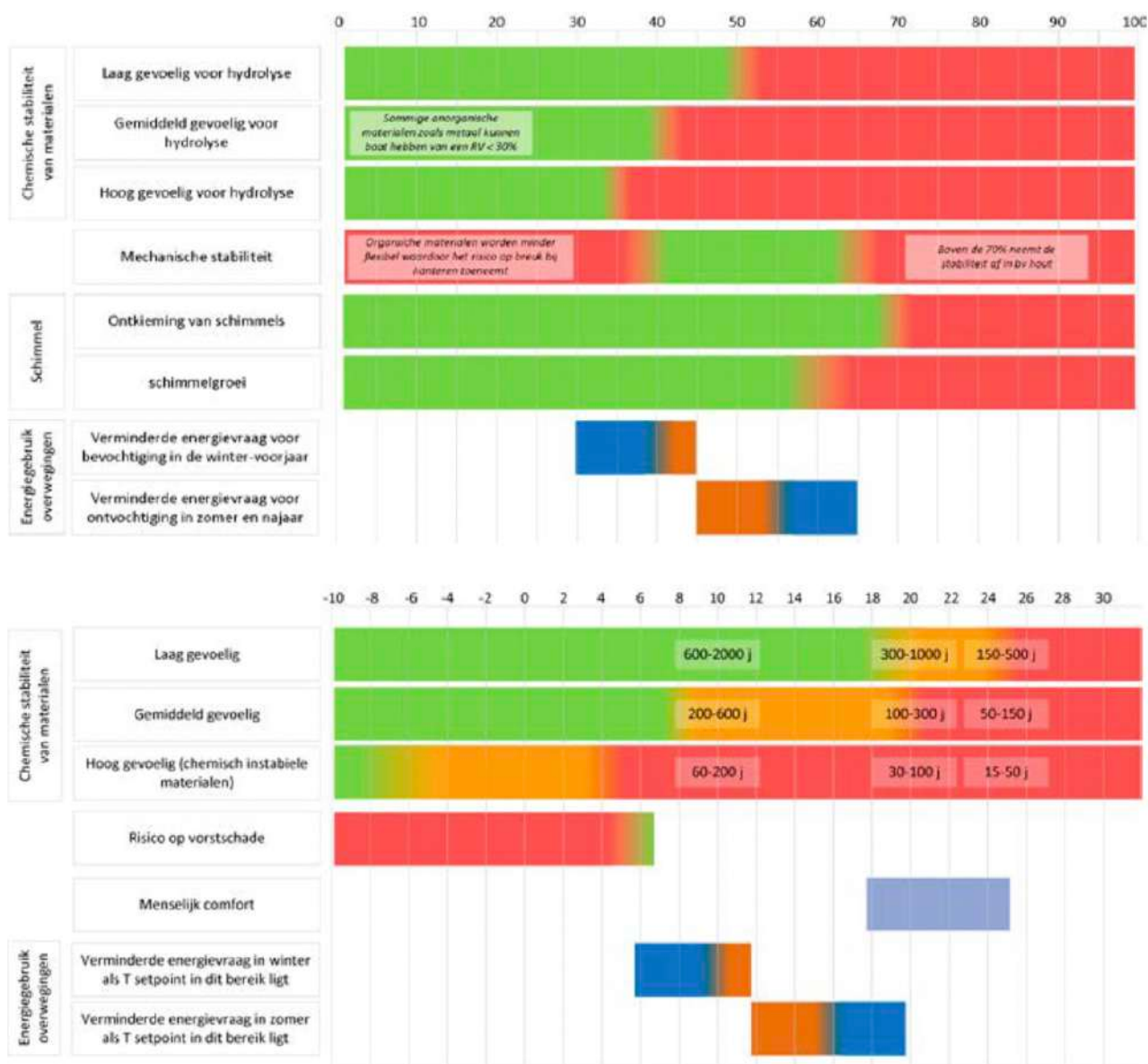
Collectiebehoud -en beheer wordt gestuurd vanuit **risicomanagement**. Er zijn in totaal tien potentiële schadefactoren, waarvan een ongeschikt binnenklimaat er twee zijn (zowel ongeschikte temperatuur (T) en relatieve vochtigheid (RV), zie fig. 14). Andere omgevingsfactoren die in schade kunnen veroorzaken zijn luchtverontreiniging of pollutie en licht. De bouwschil is vanzelfsprekend de eerste buffer tegen blootstelling aan deze factoren, maar (klimaat)systemen en secundaire of tertiaire buffers kunnen deze in mindere of meerdere of mindere mate mee helpen controleren.

Als we rekening houden met zowel klimaat als pollutie, die beiden door 'klimaatssystemen' kunnen worden gecontroleerd, dan kunnen deze omgevingsfactoren zorgen voor **drie types veroudering, aantasting of schade**:

- Mechanisch 'schade': zoals barsten, delaminatie, scheuren, opstuwingen etc. Deze worden in grote mate veroorzaakt door een ongeschikte RV bij organische objecten (fig. 15).
- Chemisch 'schade' of 'veroudering': wordt (met uitzondering van bepaalde types oxidatie) minder als schade ervaren en is doorgaans een proces van natuurlijke veroudering. Voor chemisch stabiele (fig. 16) objecten (zoals kwalitatieve olieverven) is dit een traag en nauwelijks waarneembaar proces. Chemische processen kunnen versneld worden door aanwezige (mogelijk objecteigen) polluenten.
- Biologische 'aantasting' (fig. 15): wordt met temperatuur in verband gebracht in het kader van schimmelontwikkeling (aanhoudend hoge T en RV). Ook pollutie, in de vorm van stofdeeltjes vormen een goede voedingsbodem voor schimmels.



Figuur 14 is een schematische voorstelling van hoe T en RV het cultureel erfgoedobject bereiken.
Bron: Risicomanagement voor Collecties, Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed, 2016



Figuur 15 (boven), stelt de gevoeligheid voor van materialen aan een bepaalde relatieve vochtigheid. Figuur 16 (onder) doet stelt de levensduur voor van materialen bij een bepaalde aanhoudende temperatuur. Beiden stellen mogelijke energiebesparingen voor door bredere T en RV set-points te kiezen gedurende verschillende seizoenen.

Bron: Risicomanagement voor Collecties, Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed, 2016 (ontleend aan PAS 198:2012)

Het voorspellen van mogelijke mechanische schade is voornamelijk gebaseerd op onderzoek dat werk uitgevoerd op nieuwe objecten. In gebouwen met een 'ongeschikt' klimaat valt het op dat de collectie regelmatig in een veel betere staat is dan het gemeten klimaat doet vermoeden. Dit fenomeen staat bekend als '**proofed fluctuation**'. Hierbij wordt ervan uit gegaan dat als een object bepaalde fluctuaties (in RV) heeft ondergaan, het bij herhaling geen ergere schade zal oplopen zolang het niet structureel werd gerestaureerd.

Een belangrijke bron die collectiezorg in verband brengt met systeemkeuze is het American Society for Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (**ASHRAE**) **handbook**, waarbij hoofdstuk 24 zich buigt over 'musea, gallerijen, archieven en bibliotheken'. Het handboek bevat een aantal belangrijke tabellen die het buitenklimaat linken met de kwalitatieve noden van de bouwschil, het linkt klimaatklasse met risico's voor objecten, geeft een overzicht van de

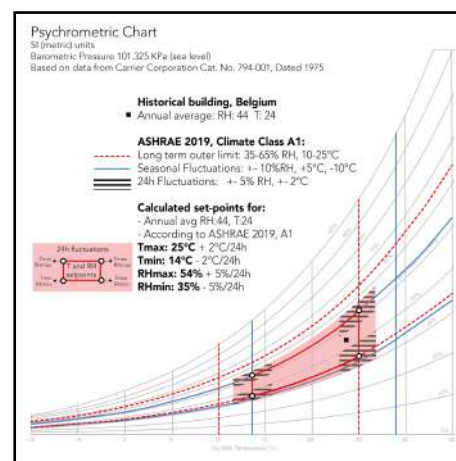
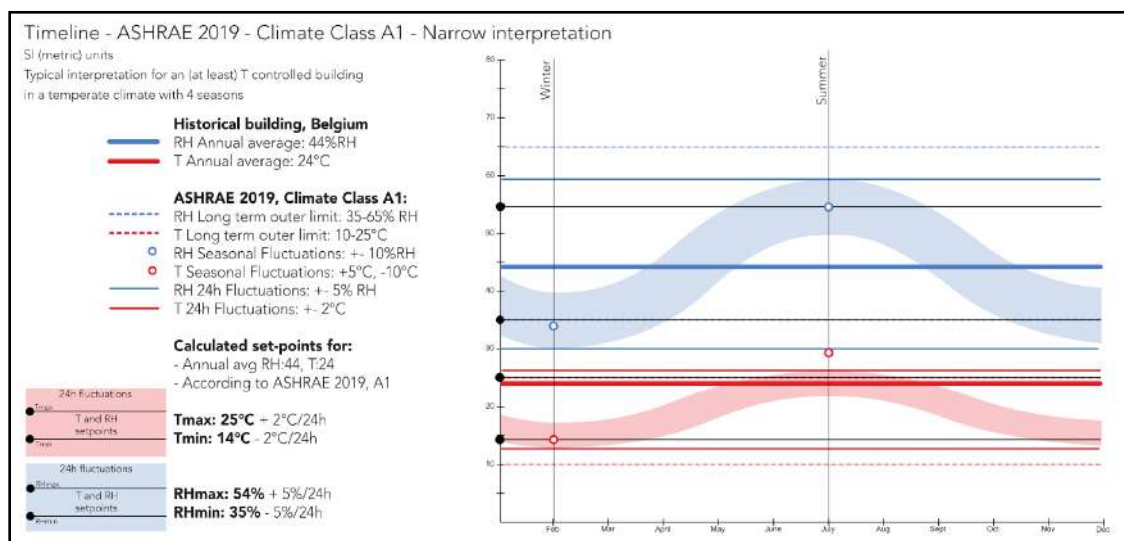
gevoeligheid van bepaalde materialen aan omgevingsfactoren (waaronder ook licht en pollutie) en spreekt in detail over hoe een systeemkeuze moet gemaakt worden.

Afhankelijk van de expertise aanwezig binnen een culturele erfgoedinstelling kan het uitdagend zijn realistische **eisen voor hun eigen binnenklimaat** vast te leggen. Daarom werden internationale richtlijnen vertaald naar een 'klimaatverklaring voor erfgoedorganisaties'. Dit document brengt deze richtlijnen in verband met mogelijke energiebesparingen. Het is de eenvoudigste en meest recente referentie voor klimaatrichtlijnen in de lage landen.

Een **klassiek museumklimaat** in de lage landen zal vaak een (ASHRAE) A1 klimaat (fig. 17-19) benaderen. Dit is een hoogwaardig museumklimaat dat grotere schommelingen in relatieve vochtigheid toelaat (in vergelijking met met A2 klimaat dat dan weer flexibeler is op vlak van temperatuurschommelingen). Voor historische huizen is het met beperkte controle vaak echter moeilijk om dit klimaat te behalen. Daarom wordt binnen deze context regelmatig gestreefd naar een B klimaat. Deze klimaten worden bepaald door bij een historisch gemiddelde seizoenen -en 24u fluctuaties op te tellen of af te trekken. Daarnaast worden er ook een boven en ondergrens vastgelegd.

Het Belgisch Stripmuseum (figuur 18, links onder) werd ondergebracht in een voormalig pakhuys ontworpen door Victor Horta. Een A1 klimaat, dat hier schematisch wordt voorgesteld in een tijdplot (figuur 17, boven) en psychrometrisch schema (figuur 19, rechts onder), is moeilijk te behalen. De glazen koepels doen de temperatuur te hard stijgen waardoor de deze in de zomer erg hoog oplopen. Een B klimaat is wel haalbaar mits enkele ingrepen die de lichtinval beperken.

© KIK-IRPA, Brussels



2.4. SYSTEEMKEUZE EN DE NOOD AAN VOCHTIGHEIDSCONTROLE

Systemen kunnen worden onderverdeeld in drie fysieke delen:

- **Generatie:** apparatuur die warmte/koude/stoom/damp produceert.
- **Distributie:** een reeks apparaten die warmte/koude/stoom naar emissie-apparaten overbrengen.
- **Emissie:** een reeks apparaten die warmte/koude/stoom afgeven aan de klimaatgestuurde ruimtes.

Een vierde onderdeel is de (al dan niet computergestuurde) **controle** van het systeem. Pompen, kleppen, ventilatoren, etc. kunnen worden aangedreven aan de hand van sensoren om de juiste set-points op een energie-efficiënte manier te bereiken.

Binnen culturele erfgoedinstellingen zijn vaak **meerdere gescheiden systemen** (voor een overzicht van de verschillende systemen: fig. 20) in werking. Daardoor is geoptimaliseerde computergestuurde controle soms onmogelijk. Systemen kunnen elkaar ook gaan tegenwerken. Als er bijvoorbeeld zowel centrale verwarming in een ruimte aanwezig is en er tegelijkertijd bevochtiging plaatsvindt met behulp van een luchtgroep, waarbij de sensoren zich in de pulsie en extractie kanalen bevinden, zal de bevochtigde lucht die naar binnen geblazen wordt toch verder uitdrogen omdat deze verder opgewarmd wordt na de meting. Dit wordt dan weer gecorrigeerd door het gebruik van mobiele bevochtigers. Omdat de verantwoordelijke voor het onderhoud van de klimaatcontrole en de conservator andere sensoren gebruiken om dit op te volgen, waarbij de systemen opnieuw niet met elkaar communiceren, wordt een optimalisatie moeilijk.

Daarnaast spelen ook de hoeveelheid **gerecirculeerde lucht** en het **debiet** in het algemeen een grote rol in relatie tot de energievraag. Het recirculeren van lucht zorgt ervoor dat deze niet constant terug volledig moet geconditioneerd worden. Daarnaast is het debiet voor een ruimte die niet moet geconditioneerd worden voor menselijk comfort (zoals een depotruimte die geen werkruimte is) vaak onnodig hoog. Een belangrijke opmerking is hier dat de recirculatie van lucht, zowel als een gereduceerde ventilatie, ervoor kunnen zorgen dat stofdeeltjes en sporen sneller neerdalen en een voedingsbron vinden voor toekomstige ontkieming.

De **waarde van de bouwschil en de beleving** voor de bezoeker zijn ook cruciaal voor de reputatie van het museum. Het hergebruiken van historische distributie en emissiesystemen geniet regelmatig de voorkeur. Daarnaast is het plaatsen van complexe luchtbehandelingssystemen in combinatie met een historische bouwschil altijd een moeilijk gegeven. Zowel de plaats die deze innemen als de impact van het creëren van distributiekkanalen kan irreversibele gevolgen hebben voor de bouwschil en/of gewoon erg zichtbaar zijn (zie fig. 20).

Er worden binnen culturele erfgoedinstellingen, zoals reeds beschreven, veel aandacht besteed aan **vochtigheidscontrole** om mechanische schade te voorkomen. Voor de meeste ruimtes die moeten voldoen aan een klimaat voor menselijk comfort wil dit zeggen dat er sterk moet bevochtigd worden gedurende de winter, wanneer de lucht wordt uitgedroogd door verhitting.

Omdat er vele stakeholders zijn binnen de culturele erfgoedsector en er bij kleine tot middelgrote instellingen regelmatig niemand aanwezig is die verantwoordelijk is voor het onderhoud van (complexe) systemen, is het kiezen voor een **low tech, robuuste, oplossing** in combinatie met minder strikte klimaateisen vaak aangewezen. Bij de systeemkeuze moeten kosten voor onderhoud op lange termijn absoluut worden meegerekend. Daarnaast is het aan te raden een procedure te voorzien die bij het optreden van calamiteiten (bijvoorbeeld een technische storing of een falen van het systeem), rekening houdt met grote schommelingen in zowel T als RV.

Figuur 20 geeft een overzicht van de mogelijke klimaatcontrolesystemen. Daarnaast geeft het indicatie van de initiële investeringskost, de hoeveel energie ze verbruiken, hoe duurzaam of robuust ze zijn en wat hun impact is op de bouwenvolpoe. Bij dit laatste gaan we ervan uit, voor het toekennen van de kleurcode, dat er geen systemen aanwezig zijn binnen die enveloppe. Werken met een bestaand systeem heeft dus altijd een voordeel. © Uliège

ENERGY SERVICE	H&C DISTRIBUTION	GENERATOR	ENERGY CARRIER	I	E	S	B
Heating	Central heating : AHU, radiator heating, surface heating, fan coil units.	Furnace	Gas				
			Wood				
			Oil				
			Coal	/	/		
		Heat pump	Electricity				
		Electrical resistance	Electricity				
		District Heating sub station	District Heating		/		
	Direct heating	Wood/pellet stove	Wood				
		Gas stove	Gas				
		Electrical resistance	Electricity				
		Local heat pump	Electricity				
Humidification	Central heating with AHU	Centralised Steam boiler	Gas				
			Wood				
			Oil				
		Decentralized steam boiler	Electric				
		Atomizer	*				
		Humidification wheel	*				
		Air washer	*				
	Direct humidification	Ultrasonic Atomizer	*				
		Vapour generator	Electricity				
Cooling & dehumidification	Central cooling : AHU, chilled beam, surface cooling, fan coil units.	Vapour compression chiller aka "Chiller"	Electricity				
		Ab-adsorption chiller	Gas / District heating				
		District cooling sub station	District Cooling		/		
	Direct cooling	Room air-conditioner	Electricity				
Cooling only	Central cooling : AHU, chilled beam, surface cooling, fan coil units.	Passive cooling system: geothermal heat exchanger, cooling tower	**				
Dehumidification only	Direct dehumidification	Vapour compression chiller	Electricity				

Impact	Very low	Low	medium	High	Very high
I = Investment	From very low initial investment cost to very high initial investment cost				
E = Energy	From very low energy consumption to very high energy consumption				
S = Sustainable	From very durable and robust to short lifespan and high maintenance				
B = Building	From a non invasive measure and reversible to irreversible and invasive for the building envelope (and interiors)				
/ = to many variables, non applicable					

* water treatment and water pressure management is powered by various devices (pumps, filtering and other ultra violet lamps) all electricity driven.

** passive cooling systems do not use chillers to produce cold water/air. They use a cold source (ground, water tank, outside air) to cool down the building. This nevertheless consumes electricity for pumps and fans. Passive cooling systems are largely used to do sensible cooling but no dehumidification (due to the too high cold source temperature).

3. CONCLUSIE

Niet anders dan bij de meeste historische gebouwen is een **oplossing op maat** voor culturele erfgoedinstellingen aangewezen. Als we spreken over verduurzamingsmaatregelen, die ook regelmatig in lijn liggen met systeemkeuze, dan zien we dat het uitdagend is om volgende zaken te begrijpen en te formuleren:

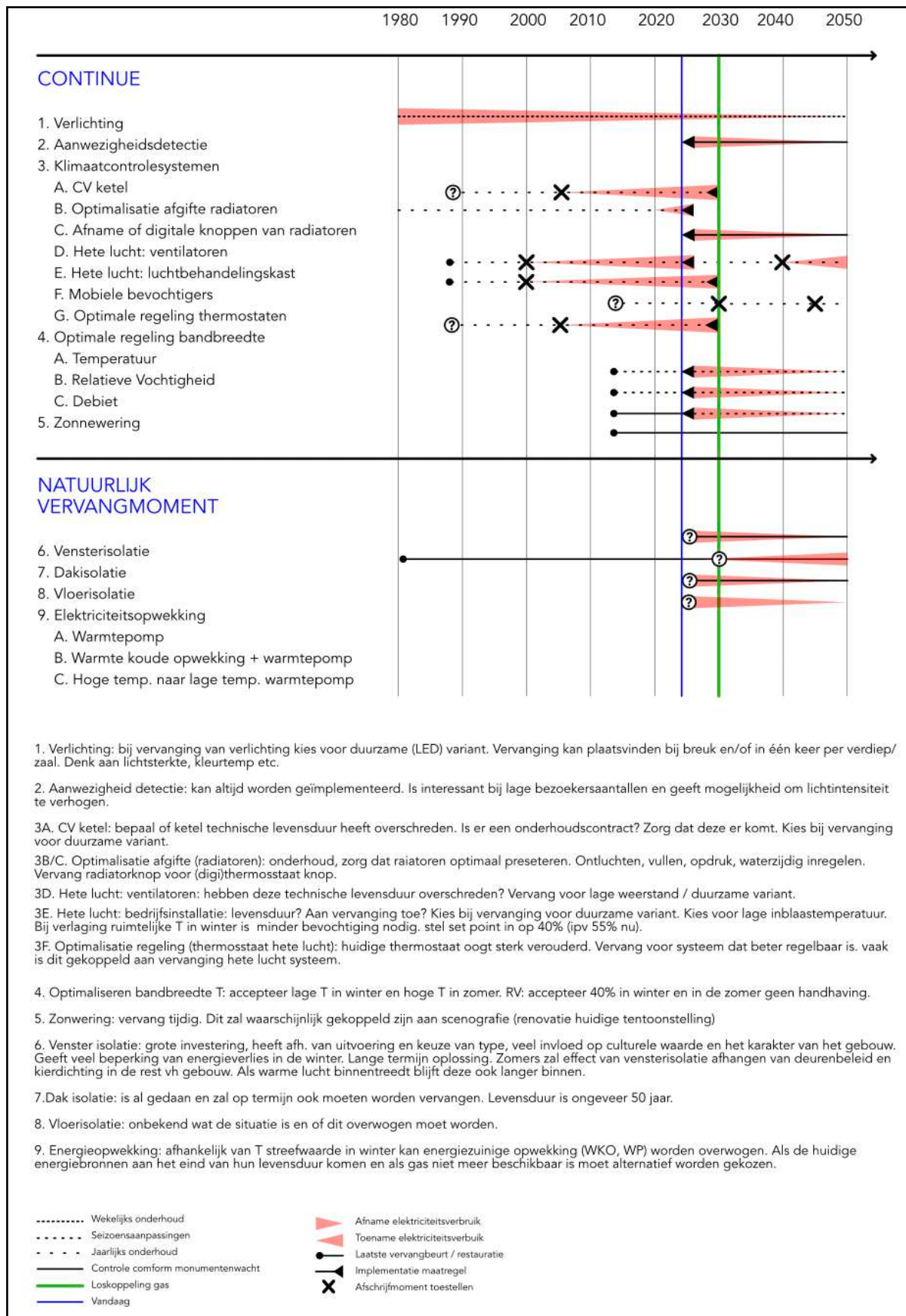
- De reële collectienoden
- De capaciteit van de bouwschil in combinatie met de aanwezige klimaatsystemen
- Bij complexe en gemengde systemen: weergeven welke ruimtes worden aangestuurd door welke onderdelen en wat wordt gestuurd in welke ruimte (RV en T), waar er welke filters gebruikt, waar wat wordt gemeten, hoeveel buitenlucht er ge(re)circuleerd wordt en over welk type controle (mechanisch of computergestuurd) de installatie beschikt?

De antwoorden op deze vragen moeten meestal worden gegeven door een **groep van stakeholders**. Daarom is het belangrijk om hen allemaal mee rond de tafel te zetten en hen aan te raden externe experts te raadplegen indien nodig. Zowel externe experts als verschillende interne departementen moeten naar elkaar toe groeien (zoals collecties en facilities). Culturele erfgoedinstellingen moeten **begeleid worden in het beschrijven van hun noden** zodat ze de correcte informatie delen en de juiste vragen beantwoorden. De kennis i.v.m. het renoveren van de bouwschil, hoewel soms uitdagend, is opmerkelijk meer algemeen aanwezig bij enkele of meerdere stakeholders dan die m.b.t. systeem -of collectienoden.

In het kader van C2P light werd een eenvoudige oefening (fig. 21) uitgevoerd waarbij een aantal scenario's worden besproken aan de hand van de prioriteiten van de verschillende stakeholders. Dit dient niet om de scenario's een cijfer te geven, maar is een manier om beter te begrijpen hoe de ander werkt, welke hun prioriteiten zijn en waarom. De definitieve keuze vloeit vaak vanzelf voort uit dit soort gesprekken omdat **preservatie en haalbare keuzes maken, vaak de prioriteit is van alle betrokkenen**. Met dit soort oefeningen en door de juiste mensen met elkaar in gesprek te laten treden, worden vaak waardevolle stappen gezet naar een duurzamere samenwerking op lange termijn.

Figuur 21: voor het Begijnhof in Anderlecht (zie ook fig. 11), dat net werd gerenoveerd, werden een aantal scenario's voorgesteld die werden besproken aan de hand van prioriteiten van de verschillende partijen (het museum, de gebruiker en de gemeente, eigenaar van het gebouw, ook verantwoordelijk voor onderhoud en het betalen van de energiekosten). © RCE, KIK-IRPA, KUL

Scenario	Temperatuur [°C]	Beschrijving	Gemeente			Beide		Museum		
			Kosten, investering	Kosten, gebruik	Simpel, robuust	Behoud monument	Imago	Comfort mens	Collectie-behoud	Beleving
0 Basis	20	Radiatoren, gasketel, ongeïsoleerd, vitrines	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😊	😊
1 Comfort	19-17	Radiatoren, elektrische energiebron, geïsoleerd, WP/WKO	😞	😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊
2 Toekomst	18-14	Vloerverwarming, elektrische energiebron	😞	😊	😊	😞	😊	😞	😊	😊
3 Mini	18-16	Ongeïsoleerd, deurdrangers	😊	😞	😊	😊	😊	😞	😊	😞



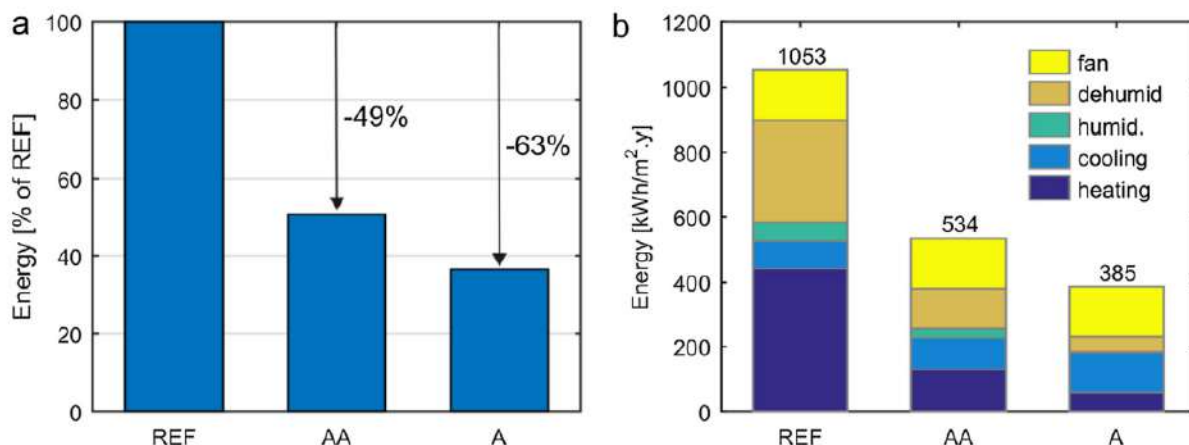
Figuur 22 geeft aanbevelingen voor het Erasmushuis waarbij punten uit de traditionele energieaudit worden uitgediept.

© RCE, KIK-IRPA, KUL

Vele instellingen hebben d.m.v. subsidiëring reeds toegang tot bepaalde vormen van energieaudits voor commerciële en residentiële gebouwen. Dit zijn laagdrempelige en eenvoudige tools voor hen. Het is daarom interessant om deze te combineren met een aanvullende audit die de eerste gaat kaderen binnen een culturele erfgoedcontext. Daarbij is het interessant om advies te geven naar regulier onderhoud toe (zoals het gaandeweg vervangen van gloeilampen / halogeen door led). Voor meer ingrijpende werken op lange termijn, zoals een vervanging van een klimaatstelsel, wordt er vanuit gegaan dat deze best gecombineerd worden met ‘natuurlijke vervangmomenten’ (fig. 22). Er werd voor deze doeleinden binnen C2P licht gewerkt aan een testvisualisatie die vertrekt vanuit de **hiaten van een traditionele energieaudit**.

Om musea te helpen bij het **koppelen van risico's aan set-points** worden er binnen de C2P toolbox enkele modules ontwikkeld die, afhankelijk van de beschikbare gegevens, een aantal specifieke visuals kunnen creëren (o.a. conform fig. 23). Het nadenken over het aanpassen van set-points (op basis van klimaatklasse), in combinatie met het eventueel mild aanpassen van de scenografie (e.g. gebruik van vitrines), laat toe om op een reversibele manier energie te besparen. Daarnaast kan er, als energieverbruik voor verschillende taken afzonderlijk kan worden gemeten, ook binnen het stelsel zelf geoptimaliseerd worden (fig. 23a).

Figuur 23a toont een voorbeeld van het de aanpassingen in T en RV setpoints in het Hermitage Museum in Amsterdam waarbij de ASHRAE-klassen AA en A (figuur 24) vergeleken worden met de Referentiestrategie (inclusief ventilatorenergie). Een aanpassing van max. 2°C en 10% RV geeft een energiereductie van 63%. Figuur 23b toont het resultaat als het verbruik van de verwarming, koeling, bevochtiging, ontvochtiging en ventilatoren als dit afzonderlijk wordt ingegeven.



T and RH settings of the tested indoor climate strategies.

	Reference	Class AA	Class A
<i>T</i> [°C]	21	20–22 ^a	20–22 ^a
<i>RH</i> [%]	50	45–55	40–60

^a Adjusted to 19–21 °C in winter and 21–23 °C in summer.

De eenvoudigste setpointaanpassing (voor België en Nederland) is doorgaans de temperaturen natuurlijk laten zakken (maar boven het vriespunt blijven) gedurende de winter. Dit vertraagt de natuurlijke veroudering en zorgt voor een lagere energievraag voor temperatuurcontrole, waarbij het ook eenvoudiger wordt de vochtigheid onder controle te krijgen. Er zijn echter nog een heel

aantal **optimalisatiestrategieën** zoals o.a. goed onderhoud van de installaties, het laten fluctueren van debiet, het zoneren van bepaalde collecties, werken met bufferende materialen binnen microklimaten en het tijdig vervangen van onderdelen.

Tenslotte kunnen we concluderen dat de **nood aan sensibilisering, opleidingen en externe expertise** algemeen groot blijft. Initiatieven zoals de publicatie van de klimaatverklaring zijn een eerste goede stap. Het aan elkaar koppelen van data specifiek verzameld voor collectiebeherende instellingen gedurende grote energieaudits, of het aanvullen van een traditionele energieaudit met één die zich richt op collectiezorg, kunnen mogelijk een oplossing bieden. Daarnaast zou dit een interessante

BRONNEN

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2019). "A23—Museums, Galleries, Archives, and Libraries". In *ASHRAE Handbook—HVAC Applications*. Atlanta, GA: ASHRAE.
- Ankersmit, Bart, & Annelies Cosaert. (2023). Klimaatverklaring voor Erfgoedorganisaties, Versie 2.0. Brussel: Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium. https://www.kikirpa.be/files/Glansprojecten/Climate2Preserv/Klimaatverklaring_2_F.pdf
- British Standards Institution (BSI). Pas 198:2012 Specification for Managing Environmental Conditions for Cultural Collections. London: British Standards Institution (BSI), 2012. <http://shop.bsigroup.com/en/ProductDetail/?pid=000000000030219669>.
- Brokerhof, Agnes, Bart Ankersmit, and Frank Ligterink. (2017). Risk Management for Collections. Amersfoort: Cultural Heritage Agency of the Netherlands. <https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2017/01/01/risk-management-for-collections>.
- Kramer R.P., H.L. Schellen and A.W.M. van Schijndel. (2016). "Impact of ASHRAE's museum climate classes on energy consumption and indoor climate fluctuations: Full-scale measurements in museum Hermitage Amsterdam". In *Energy and Buildings*, Volume 130, Pages 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.08.016>.
- Sustainable Traditional Building Alliance (STAB). (2024) Responsible Retrofit Guidance Wheel. <https://responsible-retrofit.org/greenwheel/>