



Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en
Wetenschap



Het binnenklimaat in het programma van eisen van erfgoedinstellingen

Bart Ankersmit en Marc Stappers

Het binnenklimaat in het programma van eisen van erfgoedinstellingen

Bart Ankersmit en Marc Stappers

Colofon

Auteurs: Bart Ankersmit en Marc Stappers

Inhoudelijke redactie: Agnes Brokerhof, Rick Kramer, Jean Hilgersom, Edgar Neuhaus, Nina Duggen, Agnes Vugts, Jaap de Jonge, Gabrielle Beentjes, Arjan Pleysier en Marco Martens

Tekstredactie: Taalcentrum-VU, Amsterdam

Afbeeldingen: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, tenzij anders vermeld.

Aan deze uitgave kunnen geen rechten worden ontleend.

© Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2020

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

Postbus 1600

3800 BP Amersfoort

www.cultureelerfgoed.nl

Inhoud

Lijst met gebruikte termen en afkortingen	5
Inleiding	7
Klimaatspecificaties definiëren	7
Het optimale binnenklimaat	8
Het proces om te komen tot de klimaatspecificatie	9
De gesprekspartners	9
De gespreksonderwerpen	10
Zonering van het gebouw	13
Natuurlijke klimaatzones	13
Gewenste klimaatzones	13
Combineren van natuurlijke en gewenste klimaatzones	14
Comfort voor mensen	17
Adaptieve temperatuurgrenswaarden	17
Uniforme of lokale conditionering?	17
Bestaande wet- en regelgeving en (inter)nationale richtlijnen	19
De Archiefregeling	19
Kwaliteit van de binnenlucht	19
Klimaatrisico's voor collectie	21
Biologische degradatie	21
Chemische degradatie	21
Mechanische degradatie	21
Gevoeligheid van objecten	21
Bruikleeneisen	25
T/RV-specificaties voor Nederlandse musea	27
Beschrijving van fluctuaties, gradiënten en aanpassingen	27
Relatieve luchtvochtigheid	28
Temperatuur	28
Relatie tussen binnenklimaat en buitenklimaat	31
Notatie van het programma van eisen	31
Afsluitend	33
RCE-publicaties over het binnenklimaat	35
Bijlagen	37



Als paneelschilderijen worden blootgesteld aan grote en langdurige fluctuaties van de relatieve luchtvochtigheid kunnen scheuren en zelfs materiaalverlies het gevolg zijn.

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
AV	Absolute luchtvochtigheid (g/kg) of [g/m ³]
Binnenklimaat	De parameters temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in een ruimte
Bizot-groep	Groep directeuren van de grootste musea in de wereld die ideeën over tentoonstellen bespreken
Fluctuatie	Ongecontroleerde verandering van een parameter in de tijd
Gradiënt	Vershil van een parameter over een afstand
ICN	Instituut Collectie Nederland
ICOM	International Council of Museums
NMDC	National Museum Directors Council
PMV	Predicted Mean Vote
PvE	Programma van eisen
RV	Relatieve luchtvochtigheid (%)
SIKB	Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer
Stratificatie	Vershil van een parameter over een hoogte
T	Temperatuur (°C)
Variatie	Gecontroleerde verandering van een parameter in de tijd
Zone	Een groep ruimten in een gebouw die wat betreft omgang en/of klimaateisen gelijkwaardig zijn. Een bekende zone is het brandcompartiment.



Onafhankelijke metingen van de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid geven inzicht in het klimaat waaraan de collectie werkelijk wordt blootgesteld.

Musea en andere erfgoedinstellingen hebben tot doel om een breed publiek in contact te brengen met hun erfgoed. De collecties die zij daartoe bewaren, beheren en tonen, vragen om speciale aandacht om in dit gebruik het verval zo veel mogelijk te beperken. De collecties bevinden zich in depots, kasten en laden, tentoonstellingszalen, vitrines, in historische huizen, op transport, leeszalen of in langdurige bruikleen bij een andere instelling. Voor veel van deze situaties worden eisen opgesteld voor de condities waaraan de collectie mag worden blootgesteld. Deze eisen worden geformuleerd bij een verbouwing, renovatie of herinrichting. Afhankelijk van de reikwijdte van het verbouwingsproject zijn er verschillende experts betrokken bij het nadenken over het (nieuwe) binnenklimaat. Denk aan collectiebeheerders, bouwkundig adviseurs, klimaatadviseurs en architecten. Voor hen gaat deze publicatie in op het proces en de achterliggende informatie om een programma van eisen (PvE) te formuleren voor het optimale binnenklimaat.

De optimale binnenklimaatwaarden vinden is geen eenvoudige opgave. Er is veel informatie voor nodig vanuit verschillende kennisgebieden. Op basis van de informatie, kennis en ervaringen van de betrokkenen moeten opties en gevolgen gewogen worden. Gezien de plek die het PvE inneemt in een (ver)bouwproject (zie Afbeelding 1), verdient het aanbeveling om de benodigde informatie in een vroege fase te verzamelen. Het is namelijk geen uitzondering dat bij het evalueren van het definitieve PvE laat in het proces met nieuwe informatie toch weer andere ideeën ontstaan, waardoor het project een fase terug moet.

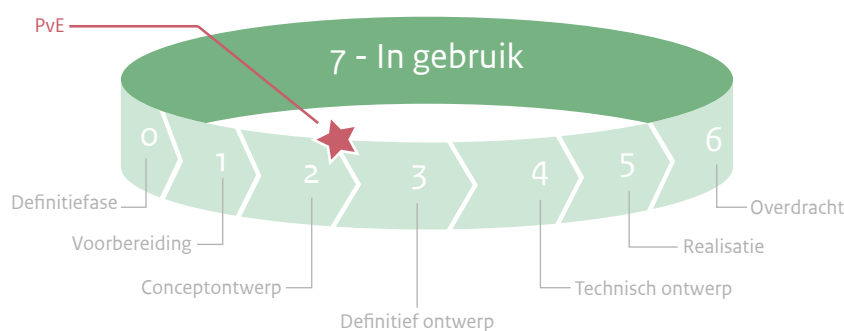
Deze publicatie biedt een inleiding op het onderwerp. Voor meer inhoudelijke achtergrondinformatie over de plek van het PvE in het besluitvormingsproces, materiaaleigenschappen, bouwfysische eigenschappen en mogelijke installatietechnische en organisatorische maatregelen verwijzen we naar de publicaties *Managing Indoor Climate Risks*¹ en *Klimaatwerk*² en de webpagina *Managing indoor climate risks in museums*.³

Klimaatspecificaties definiëren

In het erfgoedveld was de tendens in de afgelopen decennia om het binnenklimaat vooral met mechanische apparatuur te handhaven. Gebouwen werden aangepast aan een nieuwe hygrothermische balans door ze luchtdichter te maken en soms door dampbarrières aan te brengen. We komen echter steeds meer terug van het zonder meer vertrouwen op techniek. Passieve maatregelen worden belangrijker, zoals de bufferende eigenschappen van bouwmaterialen.

Klimaatspecificaties definiëren is niet triviaal. Het mag nooit een kwestie zijn van het ondoordacht definiëren van enkele getallen die overgenomen zijn uit de literatuur. De specificaties moeten het resultaat zijn van een transparant proces van analyse en evaluatie. Een gestructureerd proces met toepassing van hoogwaardige informatie leidt tot transparante en betere besluitvorming. Dit is vooral belangrijk, omdat de uitkomst vaak een enorme impact heeft op:

- het risicoprofiel van de collectie en de organisatie;
- de financiële situatie;
- de beschikbare ruimte;
- de inzet van personeel.



Afbeelding 1 De verschillende fases in een (ver)bouw project, met daarin de plek van het PvE.

¹ Ankersmit, B., & Stappers, M. H. L. (2017). *Managing Indoor Climate Risks*. Cham: Springer International.

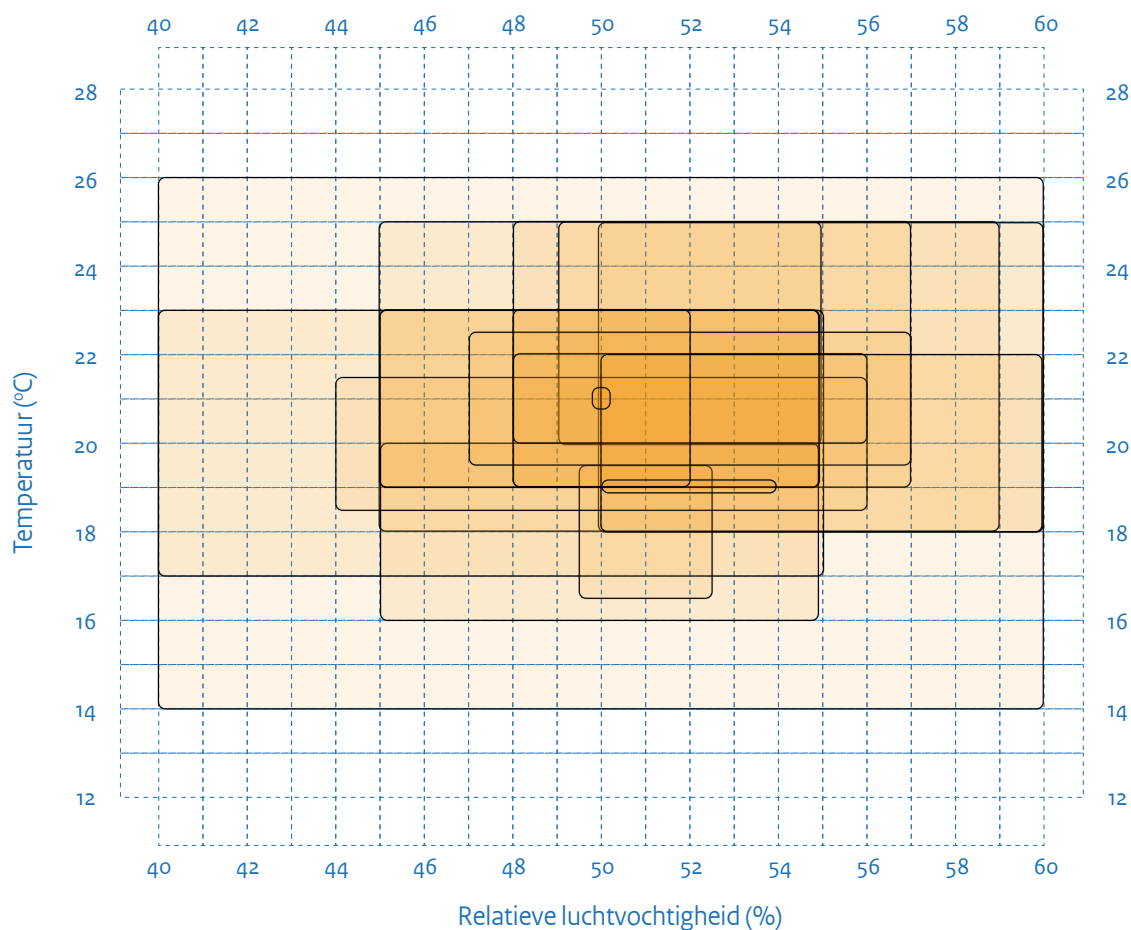
² Ankersmit, B. (2009). *Klimaatwerk*. Amsterdam University Press.

³ <https://english.cultureelerfgoed.nl/topics/shared-cultural-heritage/collections/managing-indoor-climate-risks-in-museums>.

Het optimale binnenklimaat

Het optimale klimaat is voor ieder museum verschillend. Collecties zijn verschillend, het gebruik ervan varieert en de beschikbare budgetten en ambities lopen ook uiteen. Maar voor ieder (museaal) binnenklimaat dat beheerst wordt, moet vooraf worden vastgesteld wat de streefwaarden zijn voor de temperatuur (T) en de relatieve luchtvochtigheid (RV). In de praktijk worden dan ook verschillende streefwaarden voor T en RV toegepast. Afbeelding 2 geeft een grafische weergave van de klimaatspecificaties van zeventien Nederlandse musea zoals die zijn opgenomen in hun PvE's bij hun laatste verbouwing of renovatie. De afbeelding toont hoe verschillend de specificaties voor verschillende musea feitelijk zijn.

De grootste uitdaging is om de optimale oplossing te vinden om zo veel mogelijk doelen van de erfgoedinstellingen te realiseren. Ga daarvoor in gesprek met de interne en externe experts, zoals collectiebeheerders, installatieontwerpers, klimaatadviseurs en architecten. Verzamel gegevens, bespreek wat belangrijk is voor de belanghebbenden en ga op zoek naar die specificaties die recht doen aan de collectie, het gebouw en de organisatie. We hopen dat deze publicatie een bijdrage levert aan dat gesprek en helpt die specificaties te vinden die passen bij het gebouw, de collectie en de ambities van de erfgoedinstelling.



Afbeelding 2 De klimaatspecificaties van zeventien Nederlandse musea zoals tijdens hun laatste verbouwing of renovatie in het PvE is opgenomen.

Het proces om te komen tot de klimaatspecificatie

Het proces om te komen tot de numerieke specificaties die het toekomstige binnenklimaat beschrijven, is ingewikkeld. Het is complex, omdat we de kennis van verschillende kennisgebieden moeten combineren zonder naar oplossingen te zoeken voordat het probleem duidelijk is. In veel discussies over het optimaliseren van het binnenklimaat versmalt de discussie tot welke maatregel of set maatregelen het best is. Het is belangrijk om open te staan voor de inbreng van alle belanghebbenden en deze als gelijkwaardig te beschouwen.

De gesprekspartners

Zoek samen met andere belanghebbenden naar de balans tussen behoud van culturele waarden van zowel gebouw als collectie en het creëren van een gastvrije en comfortabele omgeving voor bezoekers en museummedewerkers. Het helpt om deze verkenning te doen in het gebouw dat moet worden gerenoveerd of de zaal die opnieuw moet worden ingericht. Dat maakt de casus concreet, inspireert en geeft een beeld van de uitdaging. In een open gesprek zullen betrokkenen de doelen en randvoorwaarden van het project moeten bespreken, met als doel het opstellen van het programma van eisen. Elke deelnemer legt uit wat voor hem of haar belangrijk is

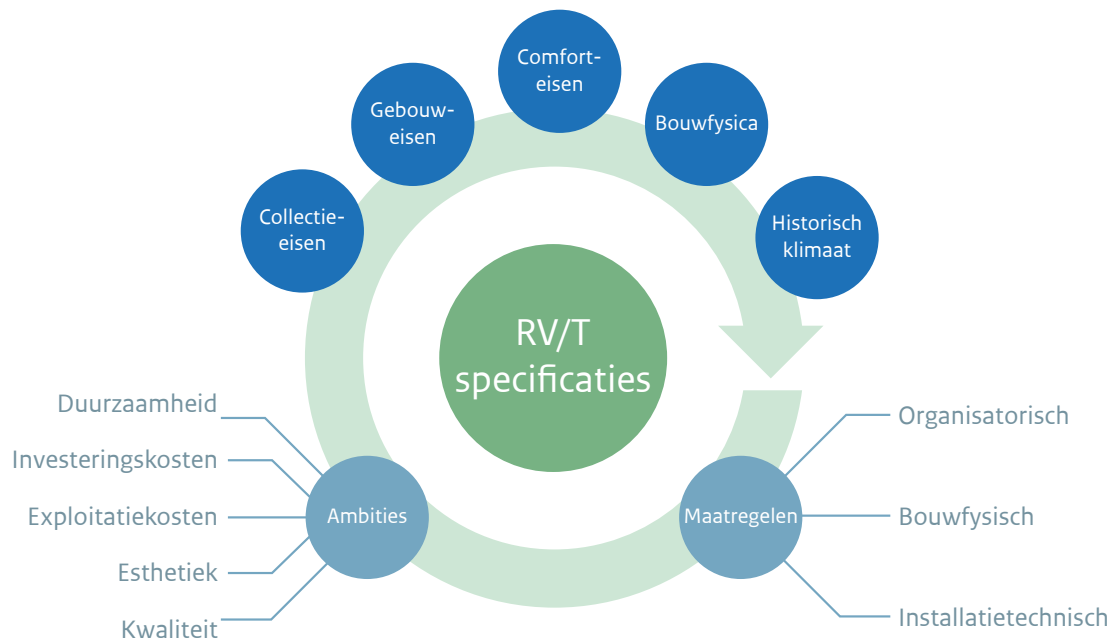
en waarom, en identificeert de grenzen waarbinnen opties ontwikkeld kunnen worden. De verschillende betrokkenen zitten vanuit verschillende verantwoordelijkheid aan tafel en hebben daarmee ook verschillende rollen in het proces. Tabel 1 licht deze rollen en verantwoordelijkheden toe.

Tijdens het gesprek is het van het grootste belang dat elk van de gesprekspartners zijn of haar expertise kan inbrengen. Deze expertises kunnen afgezet worden tegen de randvoorwaarden van exploitatielasten, duurzaamheidsambities, behoud van culturele waarden van het gebouw en kosten voor bouwkundige ingrepen. Het is aan te raden om een onafhankelijke gespreksleider te hebben die iedereen aanmoedigt om aan de discussie deel te nemen en zich te concentreren op de te nemen beslissing. Om deze focus vast te houden kan de gespreksleider de deelnemers vragen stellen die een evaluatie stimuleren, zoals:

- Wat is het probleem?
- Wat vindt iedereen belangrijk?
- Wat moeten we nog meer weten?
- Wat zijn de consequenties van een maatregel of voorstel?

Tabel 1 Rollen en verantwoordelijkheden in het besluitvormingsproces rond het binnenklimaat in erfgoedinstellingen.

Rol	Verantwoordelijkheid
Opdrachtgever	Is de eigenaar van het te doorlopen proces. Het is de opdrachtgever die een toekomstvisie heeft waarin de noodzaak om een programma van eisen te formuleren een onderdeel is. Hij of zij is een van de personen die de doelen stelt voor het hele project en degene die verantwoordelijk is voor de eindbeslissing. Geeft vooral de kaders aan waarbinnen de beslissingen genomen worden.
Collectie-beheerder	Heeft kennis over de omgang met de collectie en de preventieve conservering van de collectie. Kent de algemene conditie van de collectie en weet welke schadeprocessen er spelen en hebben gespeeld. Geeft aan de voorzijde aan welke gevoeligheden er zijn. Aan de achterzijde kijkt hij of zij naar de mogelijke effecten van het programma van eisen op de instandhouding van de collectie.
Conservator	Heeft kennis over het gebruik van de collectie, de verhalen die ermee verteld kunnen worden en over de inrichting van exposities. Weet hoe collecties toegankelijk worden gemaakt voor het publiek en heeft oog voor ruimte, licht en presentatie. De conservator ontwikkelt de presentatie van de collectie en reflecteert in het proces over de gevolgen van de maatregelen op het ontwerp van de presentatie en de gevolgen voor de mogelijkheden op het gebruik van de collectie.
Restaurator	Heeft kennis over de makelij en materialiteit van het object. Kent de conserveringsgeschiedenis van de collectie, de gevoeligheid van het object en begrijpt de huidige conditie. Weet welke schadeprocessen er spelen en hebben gespeeld. De restaurator is verantwoordelijk in het proces voor de kennis over de relatie tussen kwetsbaarheid en binnenklimaat en evalueert de mogelijke effecten van het programma van eisen op de instandhouding van de collectie.
Conserverings-wetenschapper	Heeft kennis over degradatieprocessen van collecties en kan helpen bij het rationaliseren van de eisen die gesteld worden. De conserveringswetenschapper is een externe adviseur die helpt bij de evaluatie van de mogelijke effecten van het programma van eisen op de instandhouding van de collectie.
Bouwfysicus	De bouwfysicus is een gespecialiseerde bouwkundige, onder andere op het gebied van warmte- en vochttransport, ventilatie en luchtkwaliteit en licht. De bouwfysicus is een externe adviseur die kennis inbrengt op het gebied van de huidige bouwfysische toestand van het gebouw en die meekijkt naar de mogelijke bouwfysische maatregelen en de bouwfysische effecten als gevolg van het programma van eisen.
Architect	Heeft een begeleidende en coördinerende rol en bezit kennis over het gebouw. De architect kent de plek van het programma van eisen voor het binnenklimaat in het geheel en heeft kennis over hele ontwerp en legt daar relaties mee.
Bouwhistoricus	Bezit kennis over de bouwgeschiedenis van het gebouw. Brengt kennis in over de aanraakbaarheid van gebouwwonderdelen. De bouwhistoricus is een externe adviseur die op basis van bouwhistorisch onderzoek het effect van het programma van eisen op de monumentale waarden evalueert.
Gespreksleider	Heeft geen ander belang dan het gesprek te leiden. Is bij voorkeur extern en niet bij het project betrokken. Affiniteit met het te bereiken doel is aan te bevelen.



Afbeelding 3 Het bedenken van de ideale klimaatspecificaties is geen lineair proces. Verschillende onderwerpen zullen meerdere malen tegen elkaar worden afgewogen om een optimum te vinden.

De gespreksonderwerpen

Het nadenken over specificaties is geen lineair proces. Bij het verkennen van organisatorische, bouwkundige of installatietechnische oplossingsrichtingen komen nieuwe relevante risico's boven tafel. De discussie zal zich zo verschillende keren rond deze onderwerpen herhalen voordat het voor alle betrokkenen duidelijk is wat precies de beslissingscontext is en welke specificaties het meest recht doen aan de belangrijkste uitgangspunten, randvoorwaarden en ambities. In afbeelding 3 zijn die inhoudelijke onderwerpen schematisch weergegeven.

Het proces om te komen tot de klimaatspecificaties voor een PvE zou er als volgt uit kunnen zien:

1. Definieer een algemeen programma van eisen voor het binnenklimaat voor het hele museum:
 - bepaal de boven- en ondergrens voor de temperatuur voor de collectie;
 - bepaal de boven- en ondergrens voor de relatieve luchtvochtigheid voor collectie;
 - Bepaal de boven- en ondergrens voor de temperatuur voor bezoekers en medewerkers;
 - Bepaal de boven- en ondergrens voor de relatieve luchtvochtigheid voor het gebouw.

2A. Stel vast voor welke ruimten of zones dit programma van eisen niet geldt. Denk aan kantoren, restaurant en

museumshop, maar ook aan sommige ruimten of zones waar een gevoeliger collectie geplaatst gaat worden.

2B. Stel vast voor welke gebieden binnen een ruimte of zone dit programma van eisen niet geldt. Mogelijk zijn er binnen een ruimte of zone plekken waar een gevoeliger collectie geplaatst gaat worden. Of misschien zijn dat maar enkele objecten.

3. Definieer een aangepast programma van eisen voor het binnenklimaat op basis van het algemene programma van eisen (herhaal stap 1 voor deze ruimten of zones).

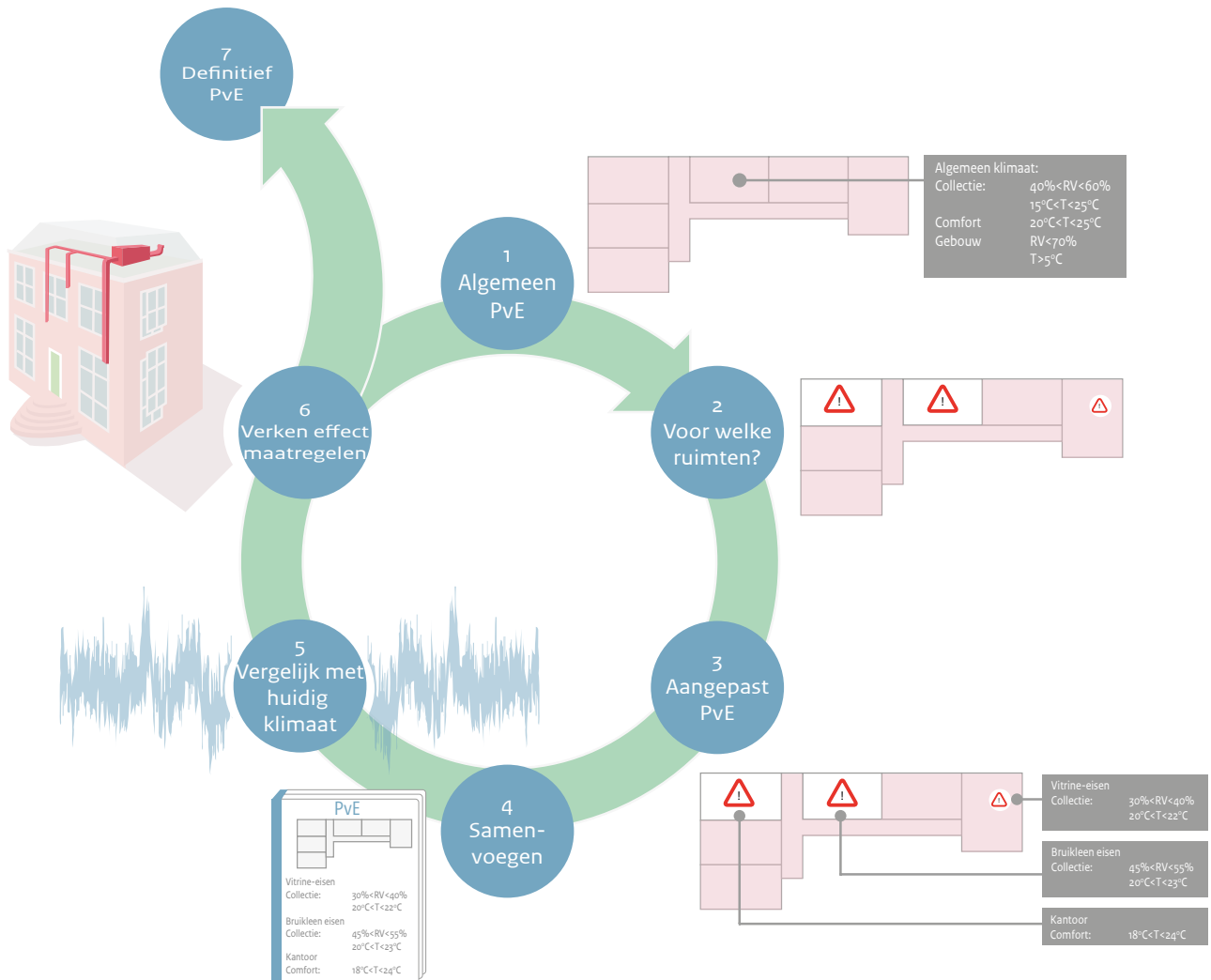
4. Voeg alle programma's van eisen samen in een document. Dit is de basis voor het verdere proces.

5. Controleer in hoeverre de programma's van eisen afwijken van het huidige binnenklimaat.

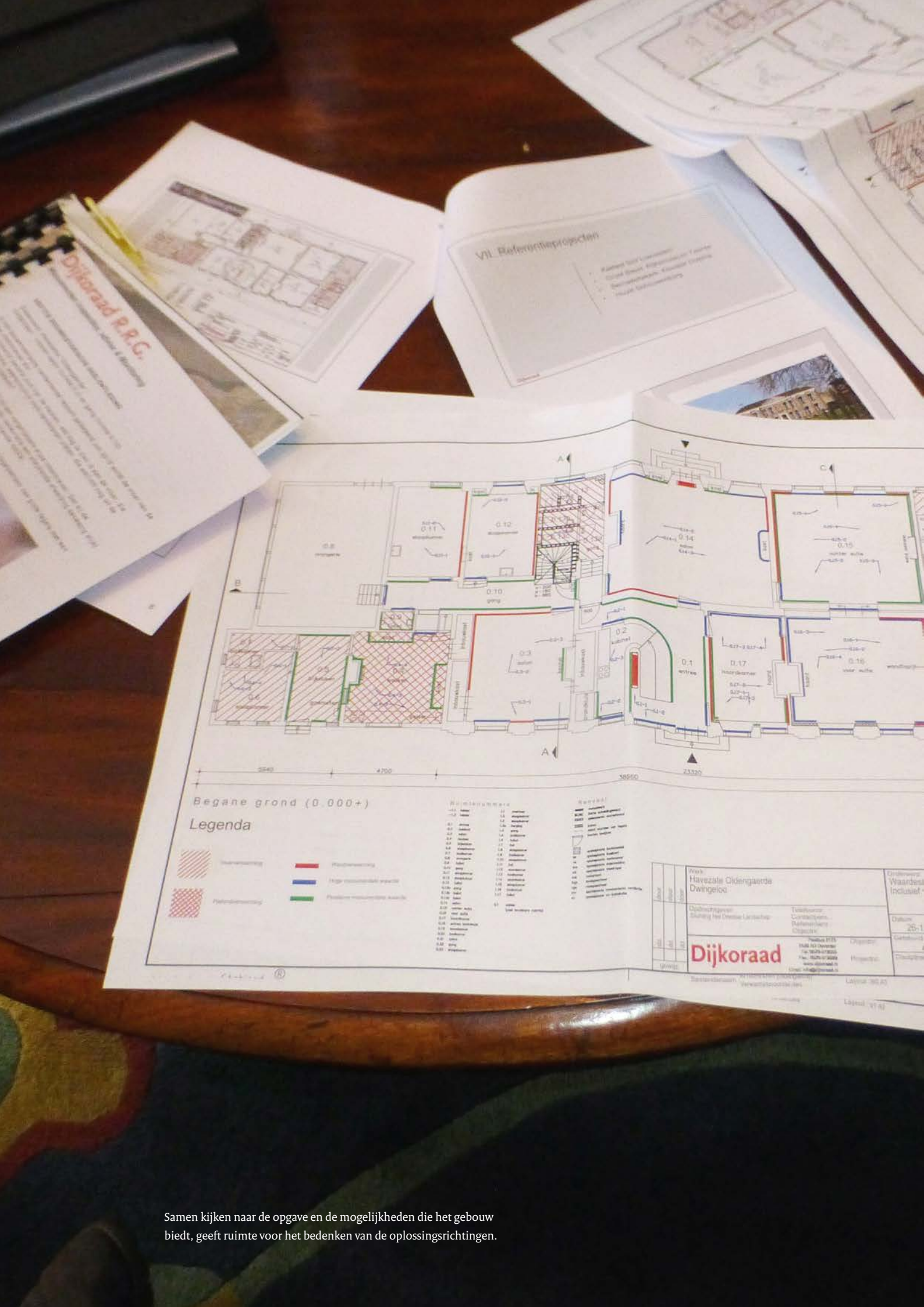
6. Is er sprake van een grote discrepantie? Verken dan de organisatorische, bouwkundige of installatietechnische oplossingsrichtingen en beoordeel deze op hun voor- en nadelen van de gestelde doelen.

7. Stel bij onverenigbaarheid het programma van eisen bij (herhaal de stappen).

Dit proces is schematisch weergegeven in afbeelding 4.



Afbeelding 4 Het proces om te komen tot klimaatspecificaties van een gebouw met verschillende klimaatzones.



Samen kijken naar de opgave en de mogelijkheden die het gebouw biedt, geeft ruimte voor het bedenken van de oplossingsrichtingen.

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de zonering van het gebouw, de wet- en regelgeving voor het binnenklimaat in erfgoedinstellingen, comforteisen, de klimaatrisico's voor de collectie, de bruikleeneisen en de beschrijving van de mogelijke klimaatprofielen.

Natuurlijke klimaatzones

Een gebouw wordt blootgesteld aan de elementen buiten. Dit gebeurt niet aan alle gevels in gelijke mate. De zon straalt op sommige gevels meer of juist minder. Ook de wind en de regen komen niet in gelijke mate vanuit alle richtingen. Afbeelding 5 presenteert een schematische visualisatie van de ongelijkmatige belasting van een gebouw door het buitenklimaat. Door die ongelijkmatige belasting ontstaan relatief warme en koude zones en eventueel bij vochtdoorslag vochtigere zones van een gebouw.

Gewenste klimaatzones

In de praktijk worden ruimten verschillend gebruikt, denk aan tentoonstellingsruimten, opslag, restaurant en kantoren. Voor deze ruimten worden specifieke eisen geformuleerd. Tabel 2 somt de klimaatzones op die in musea veel voorkomen. Sommige klimaatzones, zoals depotruimten en tentoonstellingsruimten, zijn specifiek bedoeld om collecties te bewaren. Kantoren zijn over het

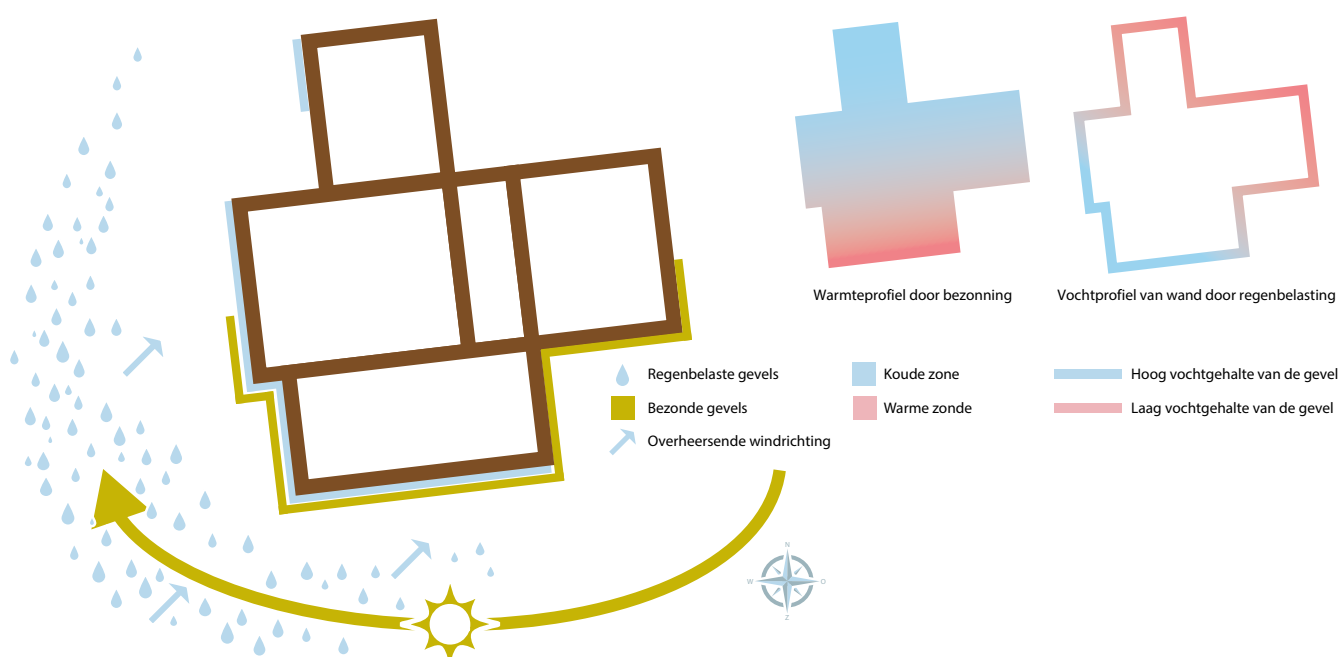
algemeen ontworpen voor menselijk comfort en niet voor het behoud van collecties. In de zones waar personeel en bezoekers samenkomen met collecties zal het binnenklimaat een compromis moeten zijn van een zo optimaal mogelijk klimaat voor zowel personen als collectie.

Niet-collectiezone

In zones die uitsluitend door mensen worden gebruikt, zoals kantoren, het auditorium en het restaurant, kan het binnenklimaat volledig afgestemd worden op het comfort van mensen. De temperatuurregeling is in die zones belangrijker dan controle van de relatieve luchtvochtigheid. Dit betekent verwarming en ventilatie in de winter, en eventuele mechanische koeling en ventilatie in de zomer. De relatieve luchtvochtigheid in deze ruimten is ongecontroleerd, en zal een resultante zijn van de heersende binnentemperatuur, eventuele vochtproductie en de absolute luchtvochtigheid van binnentredende buitenlucht. Oftewel laag tijdens het stookseizoen en meestal hoog in de zomer.

Collectiezone

In collectiezones waar menselijk comfort minder belangrijk is, is de beheersing van de relatieve luchtvochtigheid relevanter. Te droge lucht wordt bevochtigd en te



Afbeelding 5 Schematisch weergave van de ongelijkmatige belasting van een gebouw aan het buitenklimaat, met een mogelijk warmteprofiel als gevolg van bezonning en een vochtprofiel van de wanden als gevolg van regenbelasting.

Tabel 2 Typische zones in een museum gebaseerd op mens en/of collectie, toegankelijkheid en frequentie van gebruik.

	Niet-collectiezone	Collectiezone
Openbare ruimte	Entree Atrium Koffiehoek Restaurant Winkel Educatieruimten Toiletten Garderobe Filmzaal	Tijdelijke tentoonstellingszaal Permanente tentoonstellingszaal Rekwisieten collectieruimte Open depot Leeszaal Studiezaal
Niet-openbare ruimte	Kantoren Auditorium Opslag transportmiddelen Technische ruimten Serruimte Keuken Laadperron	Restauratieruimten Depot Tijdelijke depot Quarantaine ruimte Fotostudio Digitaliseringsruimte
Laaggebruikruimten	Opslag kantoorartikelen Opslag winkelvoorraad	Koude en koele depot Laagzuurstofdepot Lage-RV-depot Buitendepot

vochtige lucht ontvochtigd om een bepaalde zo constant mogelijke relatieve luchtvochtigheid in de zone te handhaven.

Gemengde zone

De grootste uitdaging is het definiëren van de klimaat-specificaties van de gemengde zones, waarin de collectienoden afgestemd moeten worden op de eisen voor menselijk comfort. Terwijl voor depots het belang van collectiebehoud steeds vaker boven het comfort van gebruikers gesteld wordt, is dit in tentoonstellingsruimten een uitdaging. Voor historische huizen waarin verwarmen voor comfort behoudsproblemen geeft, wordt nog wel eens gekozen voor een lage temperatuur in de winter, terwijl in tentoonstellingszalen in musea zowel comfort voor mensen als collectie nagestreefd wordt.

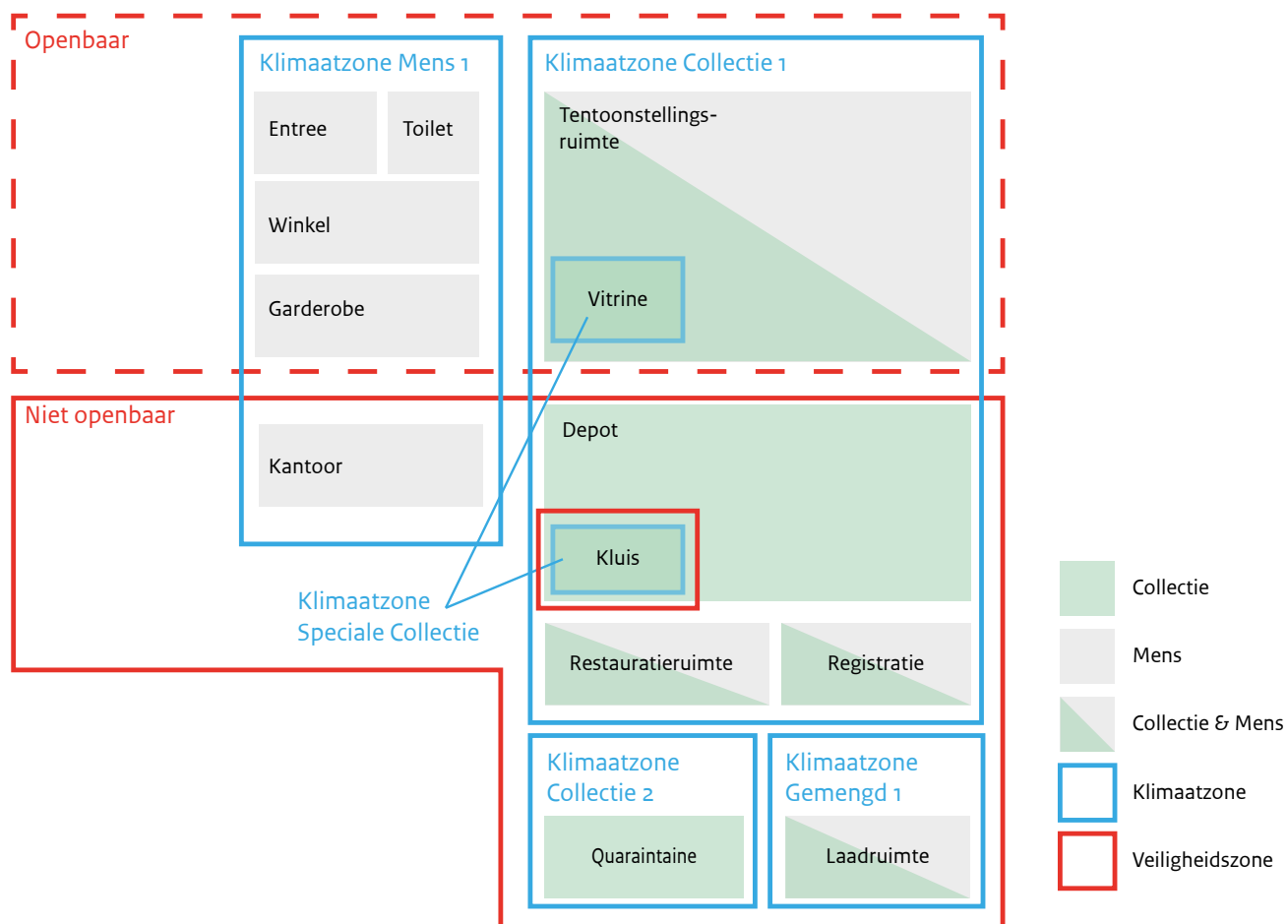
Een voorbeeld van een bijzondere klimaatzone dat de balans illustreert tussen comfort voor collectie en mens, is de lagetemperatuurdepot voor zeer gevoelige materialen, zoals cellosenitraat en -acetaat. Het is duidelijk dat voor het behoud van deze zeer gevoelige collectie menselijk comfort onderschikt is. Maar bij lage temperaturen wordt de fijne motoriek die nodig is om kwetsbare voorwerpen te hanteren minder. Om de mate van discomfort te kunnen beoordelen, is het belangrijk om te analyseren hoe vaak het personeel de koude of warme opslagruimte betreedt en voor hoeveel tijd. Het definiëren van de temperatuur voor collectiebehoud is een deugdelijk afstemmingsproces. Het doel is om de optimale temperatuur te vinden waarin mogelijk discomfort van mensen in balans is met het behoud van de collectie.

Vaak vormen meerdere ruimten één zone, zie afbeelding 6. Maar ook in die zone kunnen weer volumes worden gecreëerd waarin een afzonderlijk klimaat kan worden gehandhaafd. Denk hierbij aan vitrines in een tentoonstellingsruimte, microklimaatdozen in een historisch huis en kasten in een depot. Als de specificaties voor dergelijke ruimten worden vastgesteld, is het van belang om zeer bewust te zijn van het afwijkende klimaat rondom de objecten. Het klimaat dat in de kasten, dozen, zakken, vitrines en dergelijke heerst, zal vaak stabiel en daardoor veiliger zijn voor de objecten en daarmee een positieve bijdrage leveren aan het behoud.

Combineren van natuurlijke en gewenste klimaatzones

Om een specifiek binnenklimaat te kunnen handhaven dat afwijkt van het buitenklimaat en het klimaat in een andere zone, moet dit thermisch en hygrisch daarvan worden gescheiden. Dit scheiden, of *zoneren*, kan met bouwkundige maatregelen, zoals het gebruik van tochtsluizen, thermisch geïsoleerde wanden en/of met verschillende installaties. Als dat mogelijk is, ligt het voor de hand om de gewenste klimaatzone te laten aansluiten bij de natuurlijk voorkomende zones. Kies bijvoorbeeld de ruimten met een comforteis voor mensen in de bezonde ruimte. Collecties die koel opgeslagen moeten worden, kunnen het best aan de schaduwzijde van het gebouw worden geplaatst.

We kunnen het gebouw dus zien als een verzameling van verschillende klimaatzones die uit een of meer ruimten kunnen bestaan. Bij voorkeur zijn de klimaatzones gelijk aan de veiligheidszones die veel musea hebben ontwikkeld om brand- en diefstalrisico's te beheersen.



Afbeelding 6 Een relatieschema met daarin drie veiligheidszones en zes klimaatzones.



Als de temperatuur in winter niet al te hoog gekozen wordt dan wordt de relatieve luchtvochtigheid ook niet heel erg laag.

Tevredenheid over de temperatuur is belangrijk, omdat het de gezondheid, het welzijn en de productiviteit van mensen beïnvloedt. Daarnaast beïnvloeden ze in musea in grote mate de bezoekersbeleving. De temperatuurinstelling in het museum is voornamelijk gebaseerd op de behoeften van de bezoekers en het personeel, veel minder op de behoeften van de collectie. Over het algemeen neemt het behoud van de collectie toe bij lagere temperaturen, terwijl mensen de voorkeur geven aan relatief hoge temperaturen. Buiten openingstijden is er geen behoefte aan thermisch comfort voor mensen en kan de temperatuur worden gebaseerd op de eisen voor collectiebehoud.

Adaptieve temperatuurgrenswaarden

De afgelopen jaren is in musea de adaptieve temperatuurrichtlijn geïntroduceerd om thermisch comfort te beoordelen. Deze richtlijn is ontwikkeld voor met name kantoorgebouwen met natuurlijke ventilatie, waarin gebruikers zelf het klimaat kunnen bijsturen door bijvoorbeeld ramen te openen of hun kleding aan te passen. Uit verder onderzoek¹ is gebleken dat de binnentemperatuur iets dichterbij de buitentemperatuur mag liggen dan werd aangenomen in de ISO74-eis.² Deze aanpak houdt rekening met fysiologische effecten (acclimatisatie) en psychologische effecten (gewenning en verwachting). Adaptief thermisch comfort wordt beoordeeld met een grafiek waarin aanvaardbare

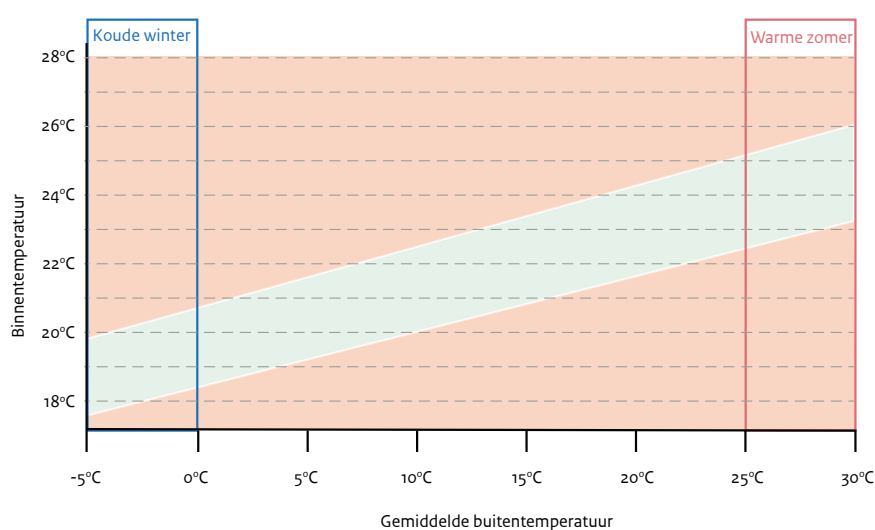
limieten staan voor binnentemperaturen op basis van een lopend gemiddelde buitentemperatuur. In afbeelding 7 is het adaptieve model met de gewenste binnentemperatuur als functie van de buitentemperatuur weergegeven.

Uniforme of lokale conditionering?

Het conditioneren van het binnenklimaat en het leveren van thermisch comfort kan in de hele zone (uniform) worden gerealiseerd, of juist op die plekken waar warmte nodig is. Lokale conditionering kan in specifieke situaties veel effectiever en efficiënter zijn. Denk hierbij aan verwarming bij de receptie in de entree.

Als het binnenklimaat lokaal voor bezoekers wordt gehandhaafd, dan kan ook voor collecties gedacht worden aan lokale conditionering door vitrines en lokale zones rondom objecten te conditioneren met lucht, bijvoorbeeld langs wanden.

Het best kan een installatieadviseur of een bouwfysicus in samenspraak met het museum het gewenste comfort voor personen vaststellen. In veel gevallen heeft het grote voordelen om de temperatuur in de winter zo ver mogelijk als acceptabel te laten zakken. Naast een lager energiegebruik worden hierdoor ook verschillende bouwfysische problemen als gevolg van condensatie voorkomen.



Afbeelding 7 Het groene gebied in de grafiek geeft de gewenste binnentemperatuur als functie van de buitentemperatuur, waarbinnen minimaal 90 procent van alle gebruikers comfortabel is.

¹ Kramer, R.P., Schijndel, A.W.M. van, & Schellen, H.L. (2017). Dynamic setpoint control for museum indoor climate conditioning integrating collection and comfort requirements: Developments and energy impact for Europe. *Building and Environment*, 118, pp. 14-31.

² ISSO-publicatie 74 (2015). *Thermische behaaglijkheid*.



Voor depots met veel objecten in dozen in archiefkasten is de responstijd veel langer.
In het programma van eisen kan daar rekening mee worden gehouden.

Bestaande wet- en regelgeving en (inter)nationale richtlijnen

Voor de verschillende erfgoedinstellingen in Nederland gelden verschillende regelingen, richtlijnen en standaarden. Bij het vaststellen van eisen voor het klimaat rondom collecties moet hier in meer of mindere mate rekening mee worden gehouden.

De Archiefregeling

Voor archieven is er duidelijke regelgeving als het gaat om de eisen aan de gebouwen en ruimten waarin deze worden bewaard: de Archiefregeling.¹ Deze regeling maakt onderscheid tussen archiefruimten voor opslag van korte duur, tot twintig jaar en archiefbewaarplaatsen voor permanente opslag. Artikel 45a definieert de eisen aan de relatieve luchtvochtigheid en temperatuur van archiefruimten, en in artikel 54a zijn de vereiste klimaat-specificaties voor verschillende materiaalgroepen in archiefbewaarplaatsen te vinden. Bijlage 2 specificeert deze artikelen.

De Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB) schrijft de klimaat-specificaties voor archeologische depots voor. Die staan beschreven in Protocol 4010 Depotbeheer (versie 4.1, 19 februari 2018).² In bijlage 3 zijn de specificaties voor verschillende archeologische materiaalgroepen te vinden.

Voor musea en bibliotheken worden geen wettelijke eisen gesteld aan het binnenklimaat, maar zijn richtlijnen opgesteld die algemeen aanvaard zijn. Deze zijn al in 2009 door het Instituut Collectie Nederland (ICN) gepubliceerd, een voorganger van de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE), en in de loop der jaren aangepast.³ Internationaal zijn er verschillende richtlijnen. De meest gebruikte richtlijn in de Verenigde Staten is het handboek voor Amerikaanse klimaatingenieurs, de ASHRAE (zie bijlage 4). In Engeland is sinds 2012 een Britse standaard van kracht: PAS 198 (zie bijlage 5). In deze publicatie gaat we uit van de ASHRAE.

Kwaliteit van de binnenlucht

Voor de gezondheid is ventilatie niet alleen belangrijk, maar ook wettelijk geregeld in het Bouwbesluit 2012. Het Bouwbesluit geldt voor bestaande en nieuwe gebouwen met een verblijfsgebied en een verblijfsruimte, die beide een voorziening moeten hebben voor luchtverversing met een minimale capaciteit (zie tabel 3).⁴

Tabel 3 Minimale capaciteit voor luchtverversing volgens het Bouwbesluit.

	Capaciteit per persoon	
Nieuwbouw (Bouwbesluit 2012, aansturingstabel 3.28)	4 dm ³ /s	14,4 m ³ /uur
Bestaande bouw (Bouwbesluit 2012, aansturingstabel 3.37)	2,12 dm ³ /s	7,63 m ³ /uur

Het Bouwbesluit schrijft niet voor dat er zoveel verse buitenlucht toegevoerd moet worden, maar dat er zoveel verse buitenlucht toegevoerd moet kunnen worden. Dat betekent bijvoorbeeld dat een museumzone waarin bezoekers komen en waar de ventilatie CO₂-gestuurd is tijdens openingsuren, niet per se moet ventileren. Als daar goede redenen voor zijn, zou de ventilatie ook uitgeschakeld mogen zijn.

¹ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0027041/2014-01-01>.

² Te raadplegen via: https://www.sikb.nl/doc/BRL4000/Protocol%204010%20Depotbeheer%204_1.pdf.

³ Ankersmit, B. (2009). *Klimaatwerk*. Amsterdam University Press.

⁴ NEN 1087.



Als gevolg van warmte- en vochtbronnen zoals een radiator en een bevochtiger kan er lokaal een zeer afwijkend klimaat ontstaan.

Een collectie bestaat uit verschillende objecten die gemaakt zijn van verschillende materialen in verschillende constructies. De materialen en constructies reageren ieder op hun eigen manier op het binnenklimaat. Er is dan ook niet een specifiek klimaat dat voor alle objecten in een collectie zonder risico is. Het binnenklimaat beïnvloedt drie verouderingsprocessen:

- biologische degradatie;
- chemische degradatie;
- mechanische degradatie.

Niet alle objecten reageren op dezelfde manier op het binnenklimaat, sommige materialen zijn gevoeliger dan andere. Daar gaat dit hoofdstuk op in.

Biologische degradatie

Als de RV te lang te hoog is, kunnen schimmelsporen ontkiemen en schimmels groeien. Dit risico op biologische schade is niet alleen afhankelijk van een hoge RV, maar wordt versneld door een hoge T en de mate waarin de ondergrond als voedingsstof kan fungeren. Bij een relatieve luchtvochtigheid van 75% RV en een T van 20°C duurt het in het algemeen enkele maanden voordat schimmel zichtbaar wordt, terwijl dit bij een RV van 80% en dezelfde T een week kan zijn. Als de duur van een extreem hoge relatieve luchtvochtigheid kort is en gevolgd wordt door een droge periode (<50%), dan is het risico op schimmelgroei verwaarloosbaar.

Chemische degradatie

De snelheid van chemische reacties, en daarmee het verval, neemt toe bij hogere temperaturen. Veel objecten in museumcollecties breken chemisch af binnen enkele decennia, zoals lignine houdend papier van na 1850 (krantenpapier), vroege fotografische materialen, rubber, veel kunststoffen, magnetische dragers, filmmateriaal en digitale schijven. De levensduur van deze chemisch instabiele materialen kan worden verlengd door de temperatuur te verlagen. Een vuistregel is dat met een 5°C verlaging van de temperatuur de levensduur verdubbelt.

Mechanische degradatie

Organische, hygroscopische materialen zwellen en krimpen door veranderingen van de relatieve luchtvochtigheid. Hoe verschillende materialen op of aan elkaar bevestigd zijn, kan deze bewegingen tegenwerken, waardoor spanningen in de materialen of verbindingen ontstaan. Als de spanning te hoog is, zullen (zeer) gevoelige materialen of verbindingen loslaten, vervormen en soms zelfs barsten. Voorbeelden hiervan zijn: verbindingen waar houtnerven haaks op elkaar aan-

sluiten, inlegwerk van metaal, hoorn, ivoor of schelp, dikke afbeeldingen op perkament en globes.

Het historische binnenklimaat waaraan de collectie de afgelopen jaren blootgesteld heeft gestaan, bepaalt het toekomstige risico op mechanische schade. De grootste RV-fluctuatie waaraan een object in het verleden is blootgesteld, is de zogenoemde *bewezen RV-fluctuatie*. Zolang de RV-schommelingen in de toekomst niet groter zijn dan in het verleden, is de kans op mechanische schade uiterst klein.

Gevoeligheid van objecten

Niet alle objecten reageren op dezelfde wijze en in dezelfde mate op het binnenklimaat. Sommige materialen zijn gevoeliger dan andere. Houten constructies zullen bijvoorbeeld grotere reacties op fluctuaties van de RV vertonen dan textiel. En vroeg synthetische polymeren zoals cellulose-acetaat zullen bij kamertemperatuur sneller degraderen dan porselein. In tabel 4 hebben we met een kleurencode aangegeven of de streefwaarde en/of de fluctuatie van de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid belangrijk zijn voor het behoud van dat materiaal. Groen betekent dat die klimaatparameter niet belangrijk is om te controleren voor dat type collectie, oranje dat het tot op zekere hoogte belangrijk is en rood dat het zeer belangrijk is. Ongeacht de kleurcode geldt voor de relatieve luchtvochtigheid dat deze tussen de 25% (uitdroging) en 65% (grens voor schimmelvorming) moet blijven.

Het is het best dat een conserveringsdeskundige zoals een restaurator de klimaatnaden voor collectiebehoud vaststelt.

Voor de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid worden streefwaarden en fluctuaties gespecificeerd. De RV-specificaties zijn vooral belangrijk om uitdroging, schimmelgroei of vochtgedreven reacties te voorkomen of te vertragen. Voor T om de snelheid van reacties te vertragen en zacht worden te vermijden. De stabiliteit van T en RV of de grootte van de fluctuaties is met name van belang voor zwel- of krimprespons en de mechanische schadeprocessen die daaruit voortvloeien.

Tabel 4 Het belang van controle over een specifieke klimaatparameter voor het behoud van specifieke materialen en objecten. Groen betekent dat die klimaatparameter niet belangrijk is om te controleren voor dat type collectie, oranje dat het tot op zekere hoogte belangrijk is en rood dat het zeer belangrijk is.

Type object/materiaal		T		RV	
		Streefwaarde	Fluctuatie	Streefwaarde	Fluctuatie
Schilderijen	Olieverf op doek	■	■	■	■
	Olieverf op paneel	■	■	■	■
	Olieverf op metaal	■	■	■	■
	Acryl op doek	■	■	■	■
Textiel	Onbespannen	■	■	■	■
	Bespannen	■	■	■	■
Hout	Beelden onbeschilderd	■	■	■	■
	Beelden beschilderd	■	■	■	■
	Meubels	■	■	■	■
	Gevriesdroogd	■	■	■	■
Papier	Werken op papier	■	■	■	■
	Boeken voor 1850	■	■	■	■
	Boeken na 1850	■	■	■	■
Metaal	Archeologisch ijzer/brons	■	■	■	■
	Historisch ijzer/brons	■	■	■	■
	Edel	■	■	■	■
	Onedel	■	■	■	■

Type object/materiaal		T		RV	
		Streefwaarde	Fluctuatie	Streefwaarde	Fluctuatie
Archiefmateriaal	Zwart/wit foto's				
	Kleuren foto's				
	Celulloseacetaat				
	CD/video				
Glas	Stabiel				
	Instabiel				
Keramiek	Aardewerk, steengoed, porselein				
	Zoutbelast poreus materiaal				
	Gips				
Synth polymeren	PE, PP				
	met weekmakers				
	PUR				
	Celullosenitraat, -acetaat				
Natuur Historisch	Opgezette dieren				
	Alcohol preparaten				
	Botten				
	Mineralen				



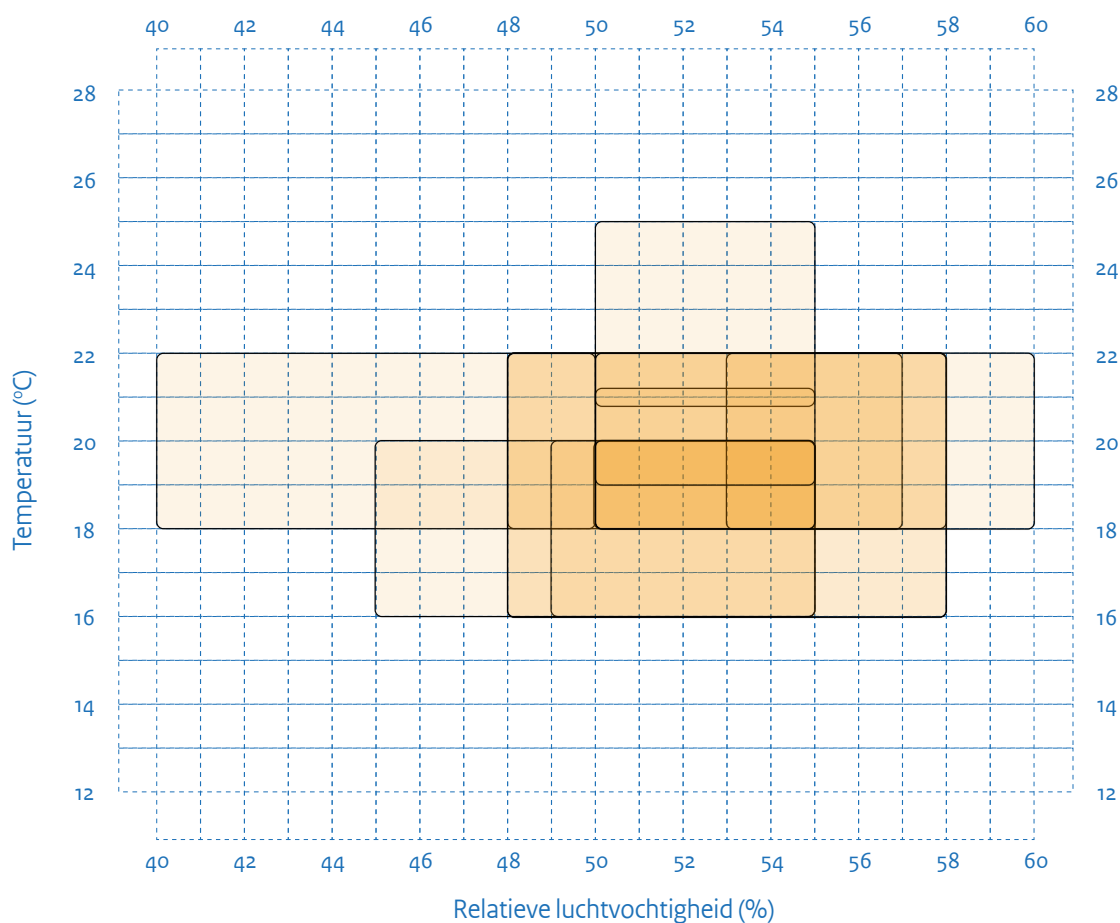
Als tijdens het stookseizoen veel vocht aan de binnenlucht wordt toegevoegd kan er condens ontstaan op koude oppervlakken.

Om met enige regelmaat nieuwe tentoonstellingen te kunnen organiseren of om historische binnenruimten aan te kleden, wordt veelvuldig gebruikgemaakt van objecten uit andere erfgoedinstellingen. De bruikleengever stelt daarbij eisen aan de omstandigheden waaronder deze objecten gebruikt mogen worden, onder andere aan het klimaat.

In de bruikleenovereenkomst definieert de bruikleengever de klimaatspecificaties voor die bruikleen; het is een bekend verschijnsel dat deze eisen vaak strenger zijn dan de kwaliteit van het klimaat bij de bruikleengever zelf. Met het project *Slimmer lenen* pleiten zeven Nederlandse musea ervoor om een groter en diverser publiek in aanraking te laten komen met de Collectie Nederland door ruimhartig te zijn, realistische eisen te stellen en eventueel af te wijken van bestaande normen.¹

Afbeelding 8 toont de klimaatbruikleeneisen van twaalf Nederlandse musea. Duidelijk is dat deze eisen sterk afhangen van de bruikleengevers en het type object. Als voor een tijdelijke tentoonstelling meer bruiklenen worden ingezet, kunnen verschillende bruikleeneisen dan ook alleen in verschillende zones – lees: vitrines of microklimaatdozen – worden gerealiseerd.

Ook internationaal zijn er verschillende initiatieven om de klassiek strenge bruikleeneisen te evalueren. In 2004 heeft ICOM de algemene bruikleeneisen uit 1974 herzien en aangegeven dat 'risicomanagement in de plaats komt van rigide normen voor de museale omgeving' (zie bijlage 6). Vanaf dat moment werden er verschillende discussies, conferenties en rondetafelgesprekken georganiseerd om de richtlijnen voor temperatuur en relatieve luchtvochtigheidspecificaties voor bruiklenen te bespreken. In 2009 stelde de Bizot-groep een



Afbeelding 8 De bruikleeneisen van twaalf Nederlandse musea.

¹ https://www.museumvereniging.nl/media/publicationpage/publicationFile/slimmerlenen_interactief_v2-1-.pdf.

binnenklimaat voor met een RV tussen 40 en 60% en een T tussen 16 en 25°C. De National Museum Directors Council (NMDC), die de leiders van de nationale collecties van het Verenigd Koninkrijk en de grote regionale musea vertegenwoordigt, nam deze richtlijnen in feite over, maar stelde ook dat: 'zeer gevoelige materialen een specifieke en strikte regeling van de relatieve luchtvochtigheid vereisen. Minder gevoelige materialen kunnen een ruimere bandbreedte hebben voor relatieve luchtvochtigheid en temperatuur.'

Als de toekomstige bruikleeneisen een rol spelen in het formuleren van de specificaties, is het aan te bevelen om goed na te denken over de frequentie waarmee bruiklenen binnenkomen en van welke (inter)nationale erfgoedinstellingen waarschijnlijk geleend gaat worden. Het ligt voor de hand om enige flexibiliteit na te streven om afhankelijk van de tentoonstelling het klimaat (lokaal) aan te kunnen passen.

In erfgoedinstellingen in Nederland worden vier T- en vier RV-profielen voorgesteld voor het binnenklimaat. Die zijn gebaseerd op de adviespraktijk van de RCE, het onderzoek naar het gedrag van materialen en internationale ontwikkelingen.

Beschrijving van fluctuaties, gradiënten en aanpassingen

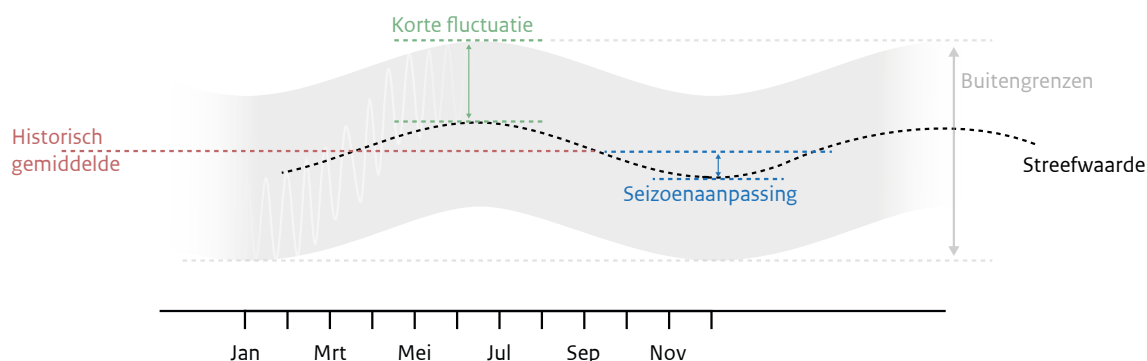
Het binnenklimaat in een zone kunnen we omschrijven met behulp van (historisch) gemiddelden, korte fluctuaties, seizoenaanpassingen en gradiënten. Het *historisch gemiddelde* is het gemiddelde dat het object of de collectie in de afgelopen jaren heeft ervaren. Dit historisch gemiddelde is belangrijk om de zogenoemde *bewezen RV-fluctuatie* te kunnen bepalen (zie bijlage 1). Een *fluctuatie* is een verandering van de waarde in de tijd. Een *kortdurende fluctuatie* is iedere fluctuatie die korter duurt dan een seizoenfluctuatie. Een *seizoenaanpassing* is het verschil tussen de gemiddelde waarde tijdens de zomer en de winter, waarbij de herfst en lente de overgangsp perioden vormen. Een *gradiënt*, tot slot, beschrijft het verloop over een afstand van de relatieve luchtvochtigheid en/of temperatuur in een ruimte.

Traditioneel wordt het klimaat gespecificeerd door een streefwaarde met een acceptabele fluctuatie. Er is in de praktijk veel verwarring over hoe een klimaat met een geformuleerde streefwaarde, acceptabele fluctuatie en een acceptabele seizoenaanpassing eruitziet. In afbeelding 9 zijn deze termen schematisch gepresenteerd.

Fluctuaties die korter zijn dan meerdere uren tot een dag worden door veel objecten niet volledig ervaren. Dit komt doordat de duur van de fluctuatie korter is dan de responstijd van het object.² De responstijd van een object is afhankelijk van het materiaal, de geometrie en afwerking van het oppervlak, en kan variëren van enkele minuten (een vel papier) tot meerdere maanden (een dik stuk beschilderd hout).

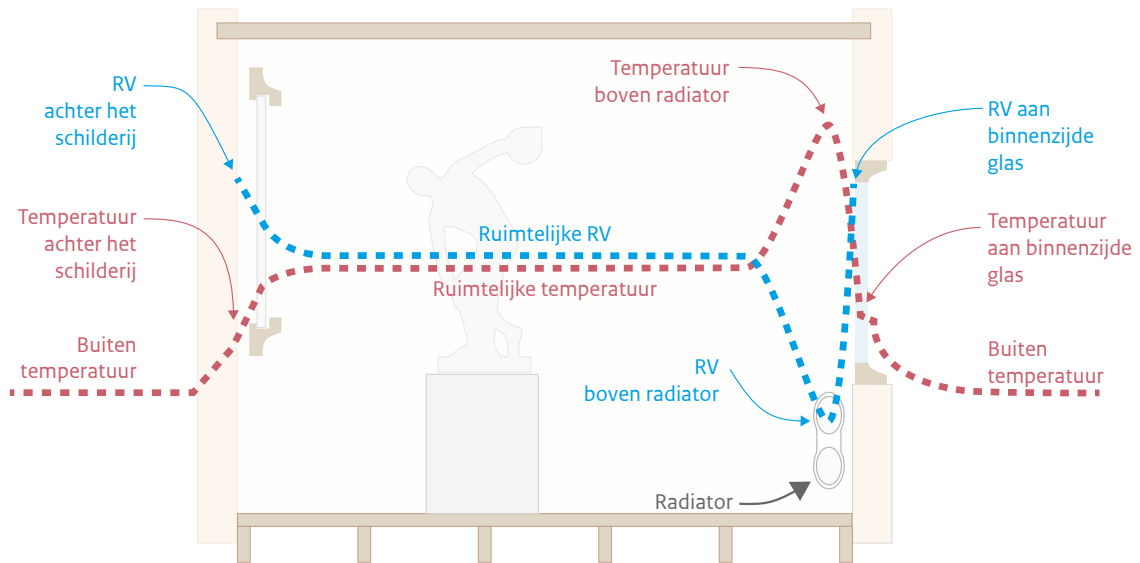
De *streefwaarde* (of *setpoint*) is de waarde voor temperatuur of relatieve luchtvochtigheid die gehandhaafd moet worden, vaak met behulp van apparaten. De apparatuur zal dus proberen om continu een over- of onderschrijding te corrigeren. Dit kost veel energie. In de praktijk is het formuleren en handhaven van een bandbreedte waarbinnen T of RV vrij mag fluctueren meestal voldoende.

Gradiënten in een klimaatzone ontstaan vaak door verschillen in temperatuur. Deze verschillen ontstaan bijvoorbeeld als gevolg van matig geïsoleerde wanden en door gebruik van lokale verwarmingselementen, zoals radiatoren, vloerverwarming en infraroodstralers (inclusief lampen). Slecht geïsoleerde wanden zullen in de zomer energie naar binnen toe overdragen en in de winter juist naar buiten toe. Nabij lokale warmtebronnen kunnen soms zeer hoge temperaturen ontstaan. Een schematisch voorbeeld van temperatuurgadiënten is weergegeven in afbeelding 10.



Afbeelding 9 Schematische weergave van het historisch gemiddelde, korte fluctuatie, seizoenaanpassing, streefwaarde en de buitengrenzen voor de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid.

² De hygrische responstijd is de tijd die een object nodig heeft om een verandering van de relatieve luchtvochtigheid voor 95% te volgen.



Afbeelding 10 Temperatuur- en relatieve luchtvochtigheidsgradiënten in een ruimte.

Voor de specificaties geldt dat deze worden geformuleerd voor het klimaat in een centraal punt in de ruimte. Dat is uiteraard niet de werkelijkheid. In de ruimte vinden lokaal afwijkingen plaats die groter worden naarmate de afstand tot een bron of put kleiner wordt, zoals bij radiatoren of slecht geïsoleerde buitengevels. Temperaturen wijken daar af en daarmee ook de relatieve luchtvochtigheid.

Relatieve luchtvochtigheid

We onderscheiden vier RV-profielen:³

1. Geen tot beperkte controle met een voorkeur om de RV binnen de bandbreedte van $25\% < RV < 75\%$ te houden.
2. Beperkte controle met een seizoenaanpassing en ruimere bandbreedte. Hierin zijn korte fluctuaties van 10% en een seizoenadaptatie van 10% toegestaan.
3. Precisiecontrole met een seizoenaanpassing. Hierin zijn korte fluctuaties van 5% en een seizoenadaptatie van 10% toegestaan.
4. Precisiecontrole zonder een seizoenaanpassing. Hierin zijn korte fluctuaties van 5% toegestaan, maar wordt een seizoenaanpassing niet geaccepteerd.

De snelheid waarmee de RV tijdens een seizoenaanpassing verandert, mag niet groter zijn dan de limiet van de kortdurende fluctuatie. Dit heeft tot gevolg dat de RV-seizoenaanpassing niet sneller mag zijn dan 5% verandering in dertig dagen.⁴ De vier RV-profielen zijn schematisch weergegeven in afbeelding 11.

Temperatuur

We onderscheiden ook vier T-profielen:

1. Geen tot zeer beperkte controle met een voorkeur om de temperatuur te handhaven onder de 35°C.
2. Beperkte controle met een seizoenaanpassing en ruimere bandbreedte. Hierin zijn korte fluctuaties van 5°C en een seizoenadaptatie met een zomer verhoging van 10°C en winterverlaging van 20°C toegestaan.
3. Precisiecontrole met een seizoenaanpassing. Hierin zijn korte fluctuaties van 2°C en een seizoenadaptatie met een zomer verhoging van 5°C en winterverlaging van 10°C toegestaan.
4. Precisiecontrole zonder een seizoenaanpassing. Hierin zijn korte fluctuaties van 2°C en een seizoenadaptatie van 5°C toegestaan.

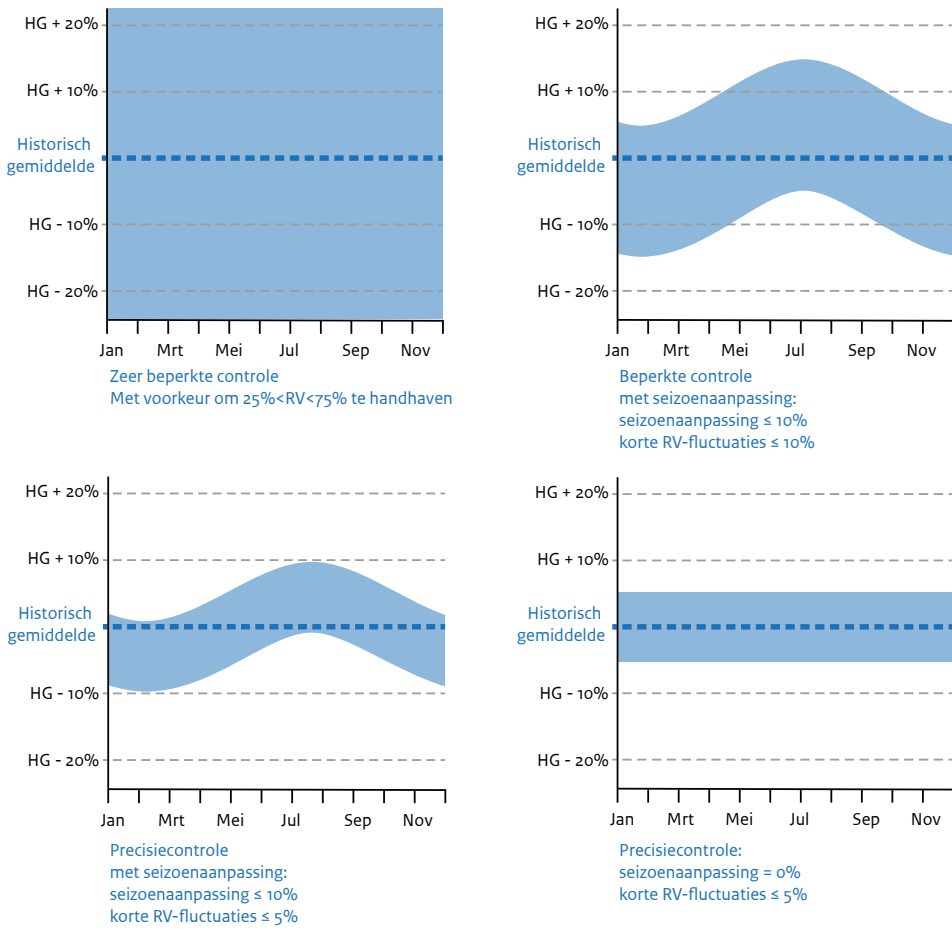
Voor alle vier de profielen geldt dat de snelheid waarmee de temperatuur tijdens een seizoenaanpassing verandert, niet groter mag zijn dan de limiet van de kortdurende fluctuatie. Dit heeft tot gevolg dat de seizoenaanpassing niet sneller mag zijn dan 2°C verandering in zeven dagen.⁵ In afbeelding 12 zijn de vier T-profielen weergegeven.

De specificaties voor een collectieklimaatzone in het gebouw kunnen worden opgesteld door een T- en een RV-profiel te kiezen. Omdat de profielen kunnen worden gecombineerd, zijn er zestien mogelijkheden. Deze zijn in afbeelding 13 schematisch weergegeven.

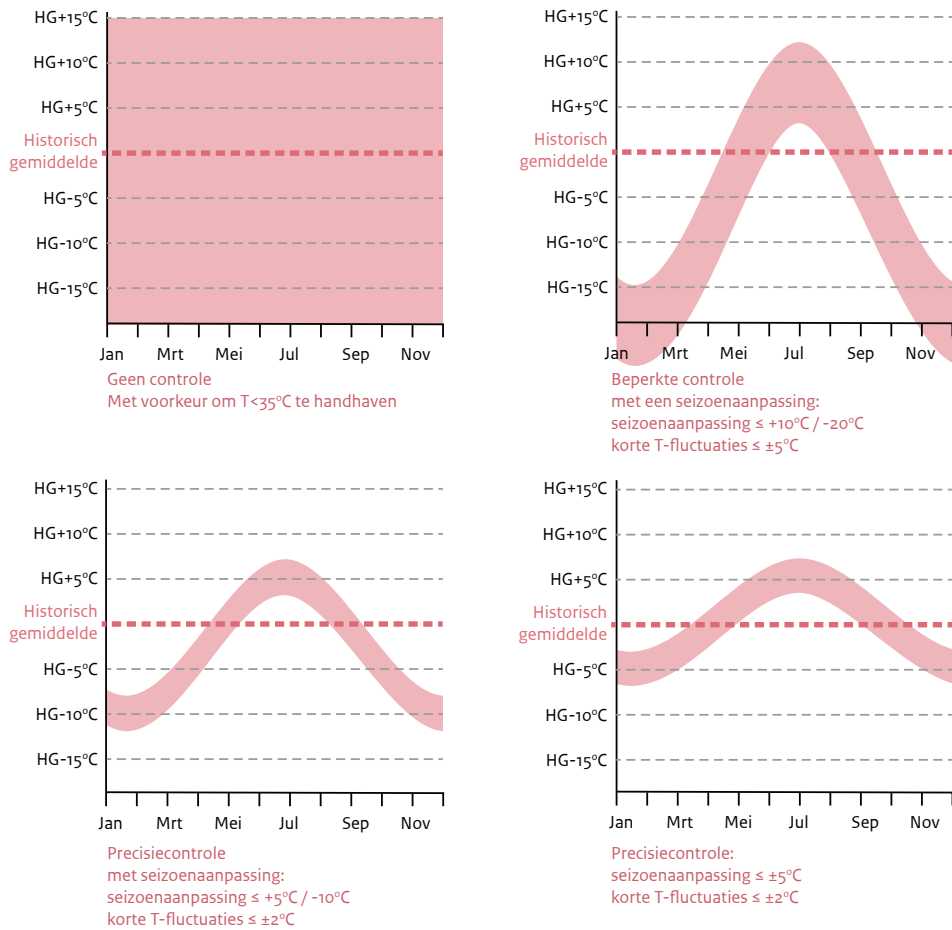
³ De profielen zijn gebaseerd op de ASHREA-klimaatklassen AA, A1, B en een combinatie van C & D. Zie bijlage 4.

⁴ Een aanpassing van 5% in dertig dagen is iets anders dan 0,16% per dag. Het gaat erom dat in de regeling om van de bandbreedte in de winter naar de bandbreedte in de zomer te komen, de relatieve luchtvochtigheid langzaam geleidelijk wordt aangepast. De waarde van 5% is gebaseerd op het effect van stressrelaxatie, dat zegt dat de spanning die in een object ontstaat als gevolg van een kortdurende fluctuatie half zo groot is als de spanning die ontstaat bij een vergelijkbare fluctuatie die drie maanden duurt. 5% in dertig dagen is een compromis tussen een acceptabel risico op mechanische schade en praktische haalbaarheid.

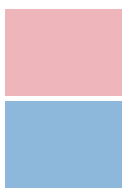
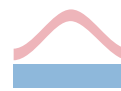
⁵ Dit is anders dan 0,3°C verandering per dag. Het gaat erom dat in de regeling om van de bandbreedte in de winter naar de bandbreedte in de zomer te komen, de temperatuur langzaam geleidelijk wordt aangepast.



Afbeelding 11 De vier RV-profielen voor het binnenklimaat.



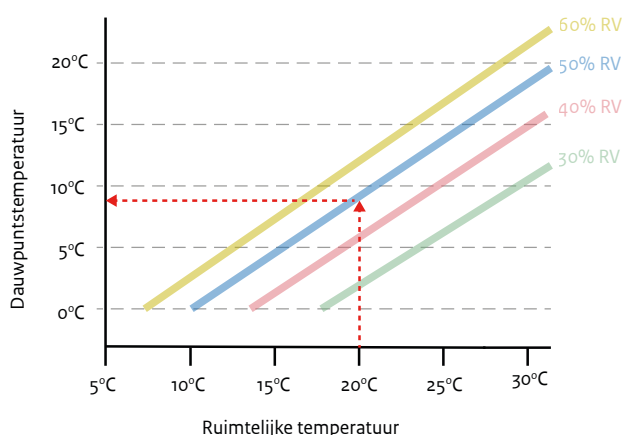
Afbeelding 12 De vier T-profielen voor het binnenklimaat.

		T-profiel				
		Geen tot beperkte controle	Beperkte controle met seizoenaanpassing	Precisiecontrole met seizoenaanpassing	Precisiecontrole	
RV-profiel	Geen tot beperkte controle					
	Beperkte controle met seizoenaanpassing					
	Precisiecontrole met seizoenaanpassing					
	Precisiecontrole					

Afbeelding 13 Combineren van de vier T- en RV-profielen levert zestien verschillende mogelijkheden op.

Relatie tussen binnenklimaat en buitenklimaat

Er zijn verschillende redenen om het binnenklimaat af te stemmen op het buitenklimaat. Kleinere verschillen tussen binnen en buiten verlagen de risico's voor het gebouw, verlengen de levensduur van klimaatinstallatie-componenten en is energetisch gunstiger. Hoe groter het verschil tussen binnen- en buitenklimaat, hoe hoogwaardiger de bouwfysische schil en installatietechniek moet zijn. Een stabiel binnenklimaat vereist over het algemeen een uitgebreide set van bouwfysische, installatietechnische en organisatorische maatregelen om het buitenklimaat te scheiden van het binnenklimaat. Vooral omdat voor het handhaven van RV rondom 50% tijdens het stookseizoen de vochtuithouding in het gebouw een significant risico op condensatie oplevert. Afbeelding 14 geeft het dauwpunt als functie van de ruimtelijke temperatuur bij verschillende ruimtelijke RV's.



Afbeelding 14 Het dauwpunt als functie van de ruimtelijke temperatuur en een ruimtelijke relatieve luchtvochtigheid van 30%, 40%, 50% en 60%. De rode pijl laat zien dat bij een T van 20°C het dauwpunt bij 50% op 9,3°C ligt.

Bij een T van 20°C en een RV van 50% (zie de rode pijlen) is het dauwpunt 9,3°C. Als de ruimtelijke RV op 40% wordt gehandhaafd bij diezelfde temperatuur, dan wordt het dauwpunt verlaagd tot 6,0°C. Als ook de temperatuur iets lager kan worden gehouden op bijvoorbeeld 19°C, dan wordt het dauwpunt nog iets verlaagd, namelijk tot 5,1°C.

Bij het formuleren van het klimaat in het programma van eisen is het dus belangrijk een relatie te leggen tussen het gewenste binnenklimaat en de gevolgen. Voor collectiebehoud kan het de wens zijn om het hele jaar een hoge

relatieve luchtvochtigheid te handhaven. Dat maakt bevochtiging tijdens het stookseizoen noodzakelijk en dat kost energie. Om oppervlaktecondensatie te voorkomen, moeten daarom gebouwdelen worden geïsoleerd. De investering in isolatie wordt gecompenseerd met een lager energieverlies en daarmee een lagere energierekening. Maar bij een monumentaal gebouw kan een dergelijke aanpassing veel verlies van culturele waarden betekenen.

Bij een (inter)nationale verduurzamingsambitie verdient het aanbeveling om het binnenklimaat zo veel mogelijk passief te regelen met bouwfysische maatregelen, zoals isolatie, thermische en hygrische massa, en daarnaast een optimale ratio te realiseren tussen ventilatie en recirculatie, zodat installatietechniek tot een minimum beperkt kan blijven. Vooral voor zones die specifiek voor collecties zijn bedoeld, zoals depots, zijn de mogelijkheden uitgebreider dan voor zones met een gemengde functie.

Tabel 5 geeft voor drie profielen aan hoe belangrijk het is om bouwfysische, installatietechnische en organisatorische maatregelen te treffen. De vier profielen zijn de vier met een stippellijn omcirkelde profielen in afbeelding 13.

Voor bestaande bouw en vooral als het om een (rijks) monumenten gaat, zijn de mogelijkheden voor ingrepen aan het gebouw vaak beperkt. Voor dergelijke gevallen bevelen we aan om doos-in-doosconstructies en microklimaatssystemen te overwegen, zoals dozen, kasten, zakken en vitrines.

Notatie van het programma van eisen

Als uiteindelijk de specificaties voor de verschillende klimaatzones zijn geformuleerd, is de volgende stap om deze helder op te schrijven voor het ontwerpen van een binnenklimaatregeling. Het is belangrijk om te realiseren dat het noteren van de specificaties met een streefwaarde en een daarop voorkomende acceptabele bandbreedte: $x \pm y$ in de praktijk wordt vertaald naar een enkele streefwaarde van x met een bandbreedte waarin de installatie niet actief is van $\pm y$. De installatie zal continu proberen terug te regelen naar x als deze de grenswaarde bereikt, met grote gevolgen voor het uiteindelijke binnenklimaat en het energiegebruik. Maar als een bandbreedte wordt geformuleerd waarin het klimaat vrij mag bewegen (x_1 - x_2), dan zal de installatie binnen de gestelde bandbreedte niet operatief zijn. Dit heeft grote energiebesparingen tot gevolg.

afbeelding 13 met een stippellijn zijn aangegeven.

 Veel
 Gemiddeld
 Weinig
 Voorwaardelijk
 Belangrijk
 Optioneel* Eén van beide opties volstaat

Het proces om te komen tot specificaties voor het binnenklimaat van erfgoedinstellingen is niet lineair en niet eenvoudig. Er is veel informatie nodig om tot een weloverwogen beslissing te komen, en vaak moeten de verschillende belangen, doelen en wensen opnieuw worden bediscussieerd en gewogen. In de praktijk komt het vaak voor dat de wensen en eisen die in het begin van het proces met veel optimisme zijn vastgesteld in een

latere fase moeten worden bijgesteld, omdat de benodigde installatie onmogelijk groot zou worden, de kosten de pan uit zouden rijzen of de benodigde procedures door de organisatie niet te uit te voeren zijn. Het is dan ook belangrijk in het begin tijd te nemen om samen de verschillende aspecten te verkennen en een optimum te zoeken. Dat deze verkenning zo vroeg mogelijk moet worden gedaan, spreekt natuurlijk voor zich.



Afbeelding 15 Door verschillende experts te raadplegen kan een optimale balans tussen de verschillende vaak conflicterende doelen worden gevonden.

Het klimaat kan op verschillende wijzen inwerken op ons erfgoed. Door vocht kunnen inkten migreren en uitlopen waardoor ze doorslaan en als gevolg van (een hoge) temperatuur verouderd het papier waardoor deze vergeelt en het contrast vermindert.

RCE, Managing indoor climate risks, 2019.

RCE, Na-isolatie van historische woonhuizen Wegwijzer voor vakmensen, 2019.

RCE, Duurzame luchtbehandeling voor erfgoedinstellingen, 2018.

RCE, Kerkorgels en binnenklimaat, 2017.

RCE, Klimaatbeheersing in monumentale kerken, 2016.

RCE, De microklimaatdoos, 2004.

RCE, Het bewaren van fotografisch materiaal, 2002.



Kwetsbare objecten kunnen klimatologisch
adequaat beschermd worden met behulp van
een microklimaat.

Bijlage 1 – Klimatrisico's van de collectie

Bijlage 2 – De Archiefregeling en het binnenklimaat

Bijlage 3 – Klimaatrichtlijnen voor de opslag van archeologische materialen

Bijlage 4 – ASHRAE

Bijlage 5 – PAS 198

Bijlage 6 – Internationale bruikleeneisen

Bijlage 1 – Klimatrisico's van de collectie

Streefwaarde voor de temperatuur

Er zijn twee redenen voor een specifieke streefwaarde voor temperatuur. Voor collectiebehoud kan in het algemeen gesteld worden dat een lage temperatuur beter is dan een hoge. Oftewel: houd de temperatuur zo laag mogelijk. Dit moet natuurlijk gewogen worden met de daaraan gekoppelde kosten. Het kunstmatig laag houden van de temperatuur in grote volumes tijdens de zomer geeft een hoog energiegebruik. Wel kan worden overwogen specifieke (waardevolle) collectieonderdelen in vriezers of koelkasten op te slaan.

De tweede reden is menselijk comfort. Omdat mensen gevoelig zijn voor de luchttemperatuur, luchtsnelheid en oppervlaktetemperaturen van wanden en plafond, worden die binnen bepaalde bandbreedtes geregeld. Volgens ISO74 kan de temperatuur best een bandbreedte zijn van bijvoorbeeld 19-23 °C in de winter voor veel gebouwen waarin de verwachtingen niet heel hoog zijn. Zelfs in de meest strikte klimaatklassen voor comfort is de bandbreedte 2,4 °C.

Streefwaarde voor de relatieve luchtvochtigheid

In tegenstelling tot mensen zijn veel museale voorwerpen gevoelig voor vocht. Het evenwichtsvochtgehalte van hygroscopische materialen wordt bepaald door de relatieve luchtvochtigheid in de lucht. Als deze zeer laag is, zullen materialen uitdrogen, waardoor ze bros worden en in sommige gevallen vervormen. Bij zeer hoge relatieve luchtvochtigheden, dat wil zeggen boven de 65%, neemt het risico op schimmel enorm toe. Het ligt daarom voor de hand om de jaar- of seizoengemiddelde streefwaarde te kiezen tussen de 35 en 65% relatieve luchtvochtigheid. Metaalcollecties die zeer gevoelig zijn voor corrosie zouden droger opgeslagen kunnen worden, denk aan archeologische objecten met zware corrosiepakketten. Waarbij het devies is: hoe droger hoe beter. Een ander aspect is het jaargemiddelde van het binnenklimaat in Nederland, in een niet geklimatiseerde, maar wel verwarmde binnenruimte. Die bedraagt zo'n 50%. Daarbij komt ook nog dat het risico op mechanische schade van een bepaalde fluctuatie kleiner is als deze rond de 50% optreedt, dan als deze rond de 65 of 35% plaatsvindt.

Afsluitend kunnen we opmerken dat voor de ruimtelijke temperatuur ruwweg een bovengrens van 25°C wordt gehanteerd – warm voor mens en collectie. Als het gaat om collectiebehoud, wordt de ruimtelijke ondergrens voor de temperatuurstreefwaarde 13°C – goed voor de collectie, maar koud voor de mens. Voor de streefwaarde van de ruimtelijke RV ligt het voor de hand om rond de 45-55% te zitten, met de notie dat er veel objecten zijn waarvoor een lagere of hogere waarde beter zou zijn voor het behoud.

Fluctuaties

Het vaststellen van een acceptabele fluctuatie vraagt om kennis over het gedrag van materialen en objecten bij wisselende klimaatcondities. De fluctuaties vastleggen die mogen voorkomen op de streefwaarden is dan ook het meest complex en vragen de meeste aandacht. Maar omdat de kosten van de maatregelen primair afhangen van de hoogte van de acceptabele fluctuatie, is een goede analyse gerechtvaardigd. Het reduceren van de klimatologische inwerking van de buitenlucht op het binnenklimaat vraagt om ingrijpende bouwfysische ingrepen: er moet veel lucht ingebracht worden om in de hele ruimte dezelfde condities te genereren. Hierbij kunnen we opmerken dat een fluctuerende temperatuur een veel lager risico vormt dan een fluctuerende relatieve luchtvochtigheid. De te accepteren fluctuatie is ook afhankelijk van de gekozen streefwaarde. Wordt de streefwaarde dicht bij een onder- of bovengrens van het opgegeven bereik gekozen? Dan is de fluctuatie met een klein risico op mechanische schade veel kleiner dan als de gekozen streefwaarde dichtbij 50% ligt.

Omdat schade aan objecten door RV-fluctuaties een gevolg zijn van spanningen die ontstaan na opname of afgifte van vocht, is de tijd die nodig is voor vochttransport een belangrijke en beïnvloedbare parameter. In tabel 6 op pagina 73 van *Klimaatwerk* wordt de responstijd van enkele objecten in de vrije ruimte gegeven. Gebruik van dozen, zakken, containers, microklimaatdozen, kasten, laden, folders en insteekvellen veranderen de snelheid van vochttransport en daarmee de responstijd van het totale systeem (object + verpakking). Effectieve vochtbarrières, zoals dozen van polypropyleen of metaal, glas in een houten frame en polyethyleenzakken, maar ook kartonnen dozen kunnen de responstijd van het systeem enorm verlengen. Op deze wijze kunnen zelfs seizoenschommelingen volledig worden gedempt. Het effect van een langere responstijd wordt geïllustreerd in figuur 26 op pagina 75 van *Klimaatwerk*.¹ Het risico op mechanische schade neemt enorm af, zelfs als de ruimtelijke fluctuaties groot zijn. Kortom, bij gebruik van vocht(bufferende) barrières zullen de eisen voor de toegestane ruimtelijke fluctuatie veel ruimer kunnen worden. De aanwezigheid van oppervlakteafwerking zoals een lak-, verf- of waslaag hebben een vergelijkbaar effect op het vochttransport. Objecten met een goede lak of was zullen er veel langer over doen om in evenwicht te komen met een nieuwe RV dan objecten zonder afwerklaag, waardoor het risico op mechanische schade veel kleiner is.

¹ Ankersmit, B. (2009). *Klimaatwerk*. Amsterdam University Press.

De temperatuurfluctuatie

De thermische uitzettingscoëfficiënt van materialen is dusdanig klein, dat de mogelijke spanning die ontstaat bij het ongelijkwaardig uitzetten of krimpen bij verandering van de temperatuur te klein is om een risico te vormen voor museale collecties. Het is daarom niet noodzakelijk om een maximale acceptabele fluctuatie voor collectiebehoud te specificeren. Hierbij moeten we opmerken dat een temperatuurgradiënt wel relevant is, omdat deze tot lokaal afwijkende relatieve luchtvochtigheden leidt. De acceptabele gradiënt hangt af van de ruimtelijke RV en temperatuur en de gevoeligheid van de collectie.

De RV-fluctuatie

Uit de praktijk blijkt dat de eis bij acceptabele fluctuaties in de tijd steeds strenger is geworden, langzaam van $\pm 3\%$ naar $\pm 2,5\%$ en zelfs $\pm 1,5\%$. Omdat deze zeer kleine fluctuaties nauwelijks meetbaar zijn, laat staan regelbaar, en het risico op schade niet afneemt bij een vermindering van $\pm 5\%$ naar $\pm 1,5\%$, wordt tegenwoordig gesteld dat het meest gecontroleerde binnenklimaat een acceptabele fluctuatie van 5% heeft. In de nieuwe benadering wordt geen aandacht besteed aan de snelheid waarmee fluctuaties mogen optreden, maar er wordt wel een onderscheid gemaakt tussen kortdurende fluctuaties en seizoenaanpassingen. Met *seizoenaanpassing* wordt het verschil tussen zomer en winter bedoeld, waarbij de herfst en lente de overgangperiodes vormen.

Het belang van het historisch klimaat

De conditie van een collectie is een gevolg van de blootstelling ervan aan een klimaat in het verleden. Het is daarom belangrijk om te begrijpen wat dat historisch klimaat is geweest. Deze analyse is specifiek van belang als het gaat om het bepalen van de acceptabele fluctuatie van de relatieve luchtvochtigheid. Als er een relatie gelegd kan worden tussen de huidige conditie van een zeer gevoelig object en de grootste fluctuatie waaraan dit object in het verleden blootgesteld heeft gestaan, kan de acceptabele fluctuatie voor het toekomstig klimaat worden afgeleid.

De grootste door de collectie ervaren RV-fluctuatie uit het verleden wordt ook wel *bewezen relatieve luchtvochtigheidsfluctuatie* genoemd. Deze zegt dat het risico op mechanische schade als gevolg van een RV-fluctuatie in de toekomst zeer klein is als de toekomstige RV-fluctuaties niet groter zijn dan die waaraan het object of de collectie in het verleden blootgesteld heeft gestaan. Anders geformuleerd: als het toekomstige binnenklimaat gelijk is aan, of beter is dan het historische binnenklimaat, dan is de kans op mechanische schade klein. Dit heeft tot gevolg dat een kleine verbetering van het toekomstige binnenklimaat al een enorme reductie van het risico op mechanische schade geeft.² Kennis over dat historische binnenklimaat is dus essentieel om het toekomstige risico te kunnen schatten en argumenten te hebben voor de acceptabele RV-fluctuaties in de toekomst.

Voor het klimatiseren van historische huizen die daarvoor geen enkele klimaatcontrole kenden, is het goed om te weten wat de typische seizoenaanpassingen waren en ervoor te kiezen de acceptabele seizoenaanpassing slechts iets kleiner te laten zijn dan die in praktijk voorkwamen. Een voor de hand liggende maat voor de acceptabele seizoenaanpassing is de standaarddeviatie.

² Restauraties doen de bewezen fluctuatie te niet, omdat er een nieuw object gemaakt wordt met een heel nieuwe gevoeligheid voor RV-fluctuaties.

Bijlage 2 – De Archiefregeling en het binnenklimaat

Er is een onderscheid tussen archiefruimten en archiefbewaarplaatsen. Archiefruimten zijn bedoeld voor tijdelijke, en archiefbewaarplaatsen voor permanente opslag. De eisen voor de bewaarplaatsen zijn daarom specifiek en strenger dan die voor de archiefruimten.

Archiefruimten

In de wet staat dat de relatieve luchtvochtigheid van archiefruimten een zo constant mogelijke waarde van 50% RV $\pm 10\%$ heeft. De temperatuur varieert tussen de 16°C en 20°C. Een overschrijding tot 25°C gedurende ten hoogste tien etmalen per jaar is toegestaan.

Archiefbewaarplaatsen

Tabel 6 geeft het te handhaven binnenklimaat voor archieven, voor verschillende materiaalgroepen.

Tabel 6 De klimaateisen voor archiefcollecties volgens de Archiefregeling (1 januari 2014).³

Collectie	Temperatuur	Relatieve luchtvochtigheid
papier, perkament, was, leer, textiel en hout, fotomateriaal op papier, optische schijven	18°C $\pm 2^\circ\text{C}$	50% $\pm 5\%$
zwart-wit negatiefmaterialen	-13°C $\pm 5^\circ\text{C}$	35% $\pm 2\%$
zwart-wit negatiefmaterialen van di- en triacetaat en nitraatfilm en kleurnegatiefmaterialen	-20 $\pm 2^\circ\text{C}$	38% $\pm 5\%$
moederkopieën van tapes	10°C $\pm 2^\circ\text{C}$	40% $\pm 2\%$
werkkopieën van taps	18°C $\pm 2^\circ\text{C}$	40% $\pm 2\%$

³ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0027041/2014-01-01>

Bijlage 3 – Klimaatrichtlijnen voor de opslag van archeologische materialen

Tabel 7 toont de klimaateisen van de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB).⁴

Tabel 7 klimaateisen SIKB

	Temperatuur [°C]	Relatieve luchtvochtigheid [%]
Bufferopslag voor nieuwe aanleveringen met minimale condities	15-18	Constant ±5
Algemene bewaar ruimte met minimale condities voor onder andere keramiek, glas, steen en bot	18±3	30-65±5
Bewaar ruimte met relatief droge condities voor onder andere metalen en slak	18±3	<30±5
Bewaar ruimte met relatief vochtige condities voor onder andere leder, hout, textiel, touw, bewerkt been, barnsteen en git	18±3	50-65±5
Ruimte voor een adequate opslag van bijhorende originele documenten op papier, tekenfolie, en dergelijke	15±3	55-65±5
Ruimte voor een adequate opslag van fotomateriaal	15±3	<35±5

⁴ Te raadplegen via: https://www.sikb.nl/doc/BRL4000/Protocol%204010%20Depotbeheer%204_1.pdf

Bijlage 4 – ASHRAE

De ASHRAE-tabel beschrijft de klimaatklassen AA tot D met streefwaarden en toegestane fluctuaties en de

daarmee samenhangende risico's voor verschillende soorten objecten.

Tabel 8 De verschillende klimaatklassen volgens ASHRAE (2019).

Type collectie en gebouw	Type controle	Langetermijn-buitengrenzen ⁵	Jaargemiddelde streefwaarde	Seizoen-aanpassingen van het jaar-gemiddelde ⁶	Korte fluctuaties en ruimtelijke gradiënten ⁷
Musea, tentoonstellingszalen, archieven en bibliotheken in moderne, functioneel gebouwde ruimten Temperatuur is op of nabij comfort	AA Precisiecontrole, geen seizoenaanpassing	$\geq 35\%$ RV $\leq 65\%$ RV $\geq 10^\circ\text{C}$ $\leq 25^\circ\text{C}$	Voor permanente tentoonstellingen het historisch jaargemiddelde van RV en T	Geen aanpassingen RV Toename 5°C Afname 5°C	$\pm 5\%$ RV $\pm 2^\circ\text{C}$
	A1 Precisiecontrole, seizoenaanpassing in RV en T	$\geq 35\%$ RV $\leq 65\%$ RV $\geq 10^\circ\text{C}$ $\leq 25^\circ\text{C}$	In openbare tentoonstellings-ruimten kan comforttemperatuur van toepassing zijn	Toename 10% RV Afnamen 10% RV Toename 5°C Afname 10°C	$\pm 5\%$ RV $\pm 2^\circ\text{C}$
	A2 Precisiecontrole, seizoenaanpassing in T	$\geq 35\%$ RV $\leq 65\%$ RV $\geq 10^\circ\text{C}$ $\leq 25^\circ\text{C}$		Geen aanpassingen RV Toename 5°C Afname 10°C	$\pm 10\%$ RV $\pm 2^\circ\text{C}$
Musea, tentoonstellingszalen, archieven en bibliotheken waarin spanning op gebouw een rol speelt (bv. historische huis musea) ⁸	B Beperkte controle, seizoenaanpassing in RV en grote seizoenaanpassing in T ⁹	$\geq 30\%$ RV $\leq 70\%$ RV $\leq 30^\circ\text{C}$	Voor permanente tentoonstellingen het historisch jaargemiddelde van RV en T	Toename 10% RV Afnamen 10% RV Toename 10°C Afname 20°C	$\pm 10\%$ RV $\pm 5^\circ\text{C}$
	C Voorkom grote RV-extremen en Voorkom hoge extremen in T	$\geq 25\%$ RV $\leq 75\%$ RV $\leq 40^\circ\text{C}$	$25\% \leq \text{RV} \leq 75\%$ gedurende het gehele jaar $T \leq 25^\circ\text{C}$		Niet langer dan X dagen boven de 65% (zie schimmel-figuur). ¹⁰ Temperatuur zelden boven 30°C
Collectie in open gebouwen en historische huizen	D Voorkom hoge RV	$\leq 75\%$ RV			Niet langer dan X dagen boven de 65% . ²⁴

⁵ Langetermijnbuitengrenzen zijn van toepassing op de combinatie van het jaargemiddelde en de gekozen seizoenaanpassingen.

⁶ Over een periode van 30 dagen mag de snelheid van de seizoenaanpassingen van de relatieve vochtigheid de limiet van de kortetermijnfluctuatie niet overschrijden. De snelheid van de temperatuuraanpassing mag de limiet van de kortetermijnfluctuatie niet elke overschrijden binnen zeven dagen. Dit betekent bijvoorbeeld dat voor de A1-klimaatklasse de seizoenaanpassing niet sneller mag zijn dan 5% relatieve vochtigheid per dertig dagen en 2°C verandering per zeven dagen.

⁷ Een kortetermijnfluctuatie is elke fluctuatie die korter is dan de perioden gespecificeerd voor de maximale snelheid van de seizoenaanpassing: dertig dagen voor RV-fluctuaties en zeven dagen voor temperatuurfuctuaties. Ruimtegradiënten verwijst naar het verschil in relatieve vochtigheid of temperatuur tussen twee willekeurige zones waarin objecten worden geplaatst.

⁸ In microklimaten, zoals dozen, kasten, blikken, zakken, kan met een veel grotere betrouwbaarheid op lange termijn een AA- of A-klimaatklasse worden gehandhaafd zelfs als deze in een zone worden geplaatst die in klimaatklasse B, C of D vallen.

⁹ Het langetermijnrisico (≥ 10 jaar) op mechanische schade door fluctuaties van de relatieve vochtigheid wordt gedomineerd door de kans op extreme gebeurtenissen, zoals overbelasting van het klimaatsysteem of uitval. Klimaatklasse B met een hoge betrouwbaarheid is significant minder risicovol voor collecties dan AA of A met een lage betrouwbaarheid.

¹⁰ Zie schimmelfiguur in ASHREA document, bij een relatieve luchtvochtigheid tussen de 65% - 75% is het ontkiemen van schimmels erg langzaam, maar niet onmogelijk.

Vervolg tabel 8 : Temperatuur- en relatieve luchtvochtigheidspecificaties voor speciale ruimten

Type collectie en gebouw	Type controle	Beschrijving van het klimaat
Tijdelijke tentoonstellings-ruimten en uitpakruimten voor bruiklenen	Klimaat volgens bruikleen-eisen	Specificaties voldoen aan bruikleeneisen zoals afgesproken tussen bruikleengever en -nemer. De waarden zijn gebaseerd op het historisch klimaat waaraan het object blootgesteld heeft gestaan bij de bruikleengever en een risicoanalyse het binnenklimaat bij de bruikleenemer en gedurende het transport. Oplossingen om grote klimaatfluctuaties te voorkomen moeten gezocht worden in het gebruik van microklimaten zoals vitrines en beglazing al dan niet met additionele buffers.
Chemisch instabiele organische materialen in moderne functioneel gebouwde ruimten	Koel	$7^{\circ}\text{C} \leq T \leq 16^{\circ}\text{C}$ (streefwaarde= 12°C) $30\% \leq \text{RV} \leq 50\%$
	Koud	$0^{\circ}\text{C} \leq T \leq 16^{\circ}\text{C}$ (streefwaarde= 4°C) $30\% \leq \text{RV} \leq 50\%$
	Vries	$-20^{\circ}\text{C} \leq T \leq 0^{\circ}\text{C}$ $30\% \leq \text{RV} \leq 50\%$

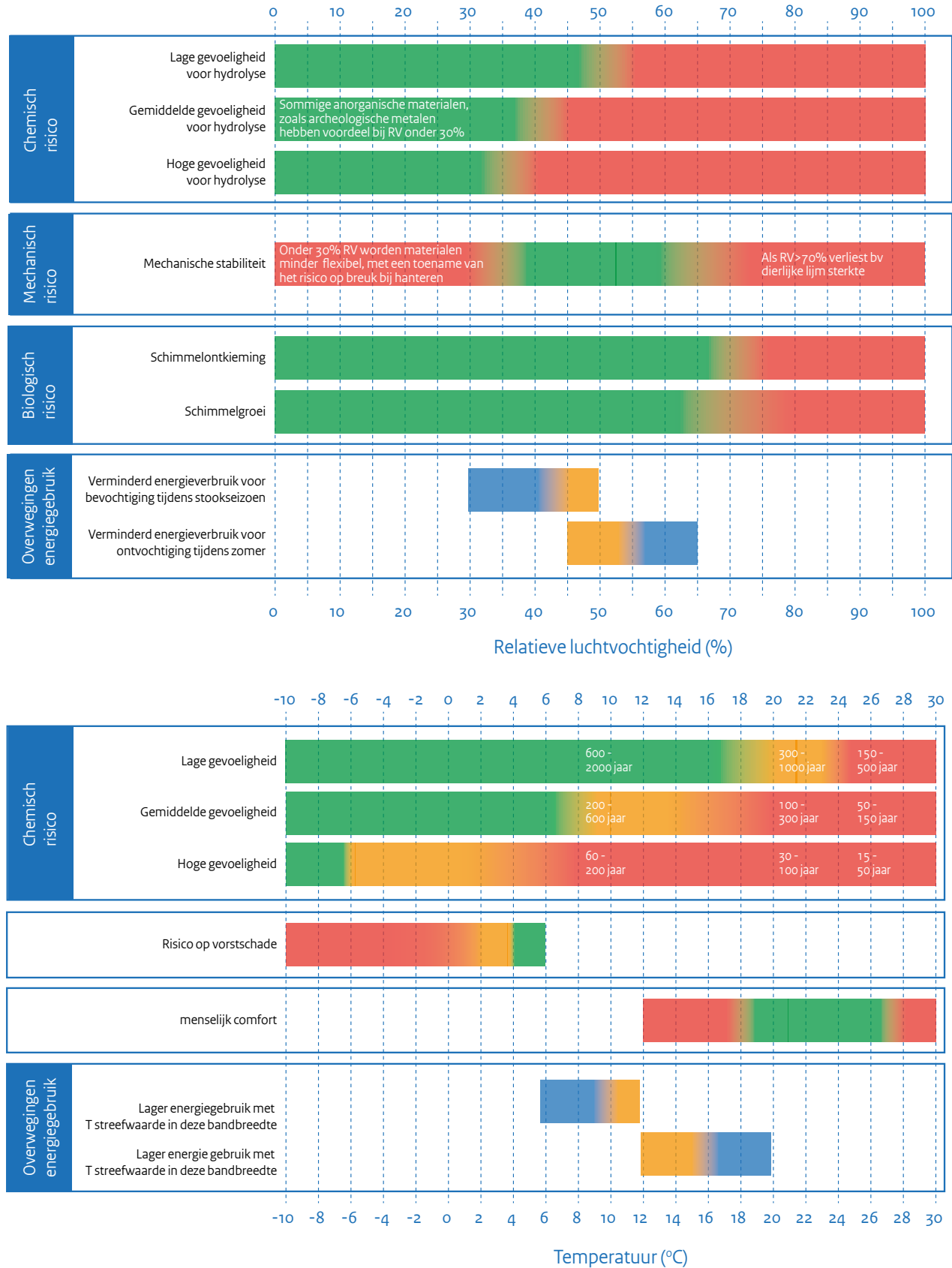
Bijlage 5 – PAS 198

Gebruikers van PAS 198: 2012 van de British Standards Institution zijn verplicht om de gevoeligheid van hun collectie voor temperatuur en relatieve vochtigheid te bepalen, en te onderkennen dat materialen op verschillende manieren reageren op de tien schadefactoren.

Gebruikers moeten beslissingen nemen over geschikte bewaaromstandigheden op basis van informatie over de collectie, inclusief gegevens over de huidige en vroegere opslag- en tentoonstellingsomstandigheden, de materi-

alen en constructies van objecten en hun huidige conditie. Andere belangrijke factoren voor besluitvorming zijn de (culturele) waarde van de collectie, het voornemen om energie te besparen en andere doelen van belanghebbenden zoals (lokale) overheden.

Een visuele weergave van het relatieve risico's van verschillende gevoelige klassen voor de RV en T wordt gegeven in afbeelding 15.



Afbeelding 15 Relatieve risico op schade en verval door een verkeerde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid.

Bijlage 6 – Internationale bruikleeneisen

Op het IIC-congres in Hongkong en de ICOM-CC-conferentie in Melbourne in september 2014 bespraken de afgevaardigden de volgende verklaring en kwamen ze het volgende overeen:¹¹

Duurzaamheid en beheer

- Duurzaamheid van musea is veel breder dan de discussie over milieunormen en moet een belangrijk onderliggend criterium zijn voor toekomstige uitgangspunten.
- Musea moeten proberen hun ecologische voetafdruk en milieu-impact te verkleinen om klimaatverandering tegen te gaan, door hun energieverbruik te verminderen en alternatieve hernieuwbare energiebronnen te onderzoeken.
- Behoud van collecties moet zo worden ingericht dat niet alleen wordt uitgegaan van airconditioning (HVAC). Passieve methoden en energiezuinige oplossingen moeten worden overwogen.
- Risicomanagement moet worden ingebed in museummanagementprocessen.

Museale binnenklimaat

- De eisen die aan het binnenklimaat worden gesteld, zijn complex. Betrokkenen moeten actief proberen deze complexiteit te verklaren en te ontfaan.
- Specificaties voor het binnenklimaat moeten haalbaar zijn voor het lokale buitenklimaat.

Bruiklenen

- Er moet transparantie zijn over de feitelijke omgevingscondities die in musea worden bereikt om ervoor te zorgen dat de bruikleeneisen realistisch zijn.
- Aangezien de meeste musea in de wereld geen klimaatbeheersingssysteem hebben in hun tentoonstellings- en opslagruimten, erkennen we de behoefte aan een document dat besluitvormers zal beïnvloeden dat de omgevingsomstandigheden voor internationale bruiklenen mogelijk niet geschikt zijn voor de permanente weergave en opslag van collecties in alle musea.
- Er moet flexibiliteit zijn bij het verstrekken van milieuvoorwaarden voor bruiklenen van musea met klimatologische omstandigheden die afwijken van de in de richtlijnen vastgestelde punten. Dit kan worden bereikt met alternatieve strategieën zoals microklimaten.

Bestaande richtlijnen

De voorgestelde klimaatrichtlijnen voor internationaal bruikleenverkeer zijn overeengekomen door de Bizot-

groep, het Australian Institute for the Conservation of Cultural Material (AICCM) en het American Institute for Conservation (AIC).

Bizot

Voor veel type objecten die hygroscopisch materiaal bevatten, zoals schilderijen op doek, textiel, etnografische objecten of dierlijke lijm, is een stabiele relatieve vochtigheid (RV) vereist in het bereik van 40%-60% en een stabiele temperatuur in het bereik 16-25°C met schommelingen van maximaal ±10% RV per 24 uur binnen dit bereik.

Gevoeliger objecten vereisen een specifieke en strakkere RV-regeling, afhankelijk van de materialen, conditie en geschiedenis van het object. De expertise van een restaurator is essentieel bij het vaststellen van de juiste omgevingsvoorwaarden voor objecten die worden uitgeleend.

AICCM

De richtlijnen die het AICCM aanbeveelt voor temperatuur en relatieve vochtigheid voor acceptabele opslag- en uitstallingscondities van algemeen verzamel materiaal zijn:

- temperatuur: tussen 15-25°C met toelaatbare schommelingen van ±4°C per 24 uur;
- relatieve vochtigheid: tussen 45-55% met een toegestane fluctuatie van ±5% per 24 uur.

Waar opslag- en tentoonstellingsomgevingen seizoensgebonden afwijkingen vertonen, verandert de RV geleidelijk over een breder bereik, beperkt tot 40-60%.

De optimale temperatuur en relatieve vochtigheid voor het behoud van culturele materialen zullen verschillen naargelang het materiaal, de constructie en de conditie van het object. Stabiele omstandigheden die binnen de genoemde parameters worden gehandhaafd, zijn over het algemeen aanvaardbaar voor de meeste objecten.

AIC

De *Interim Guidelines* van het AIC, die zijn onderschreven door de Association of Art Museum Directors, stellen dat voor de meeste culturele materialen een streefwaarde geldt in het bereik van 45-55% relatieve vochtigheid met een toelaatbaar verloop van ±5%, wat een totaal jaarlijks bereik oplevert van minimaal 40% tot maximaal 60%. Een temperatuurbereik van 15-25°C is acceptabel.

- fluctuaties moeten worden geminimaliseerd;
- sommige culturele materialen vereisen andere omgevingscondities voor hun behoud;
- de bruikleeneisen voor alle objecten moeten in overleg met experts worden bepaald.

¹¹ Origineel: <http://www.icom-cc.org/332/-icom-cc-documents/declaration-on-environmental-guidelines>.



Klimaatinstallaties nemen veel ruimte in.



Deze publicatie is bedoeld als praktisch hulpmiddel bij het vaststellen van de gewenste klimatologische condities voor het optimale behoud van erfgoed collecties. Het beschrijft het proces om zo sneller een definitie te kunnen geven van de gewenste klimaatcondities. Er wordt kort en bondig ingegaan op wet en regelgeving van de condities die nodig zijn voor comfort van mensen en voor het comfort van collecties. Op basis van vier profielen voor de temperatuur en vier profielen voor de relatieve luchtvochtigheid wordt een matrix geboden met zestien mogelijke combinaties.