

Monitoren van het binnenklimaat in Rijksmusea

Citation for published version (APA):

Martens, M. H. J., Schijndel, van, A. W. M., & Schellen, H. L. (2005). Monitoren van het binnenklimaat in Rijksmusea. In D. Gemert, van, R. Hees, van, & H. Schellen (editors), *Monitoring en diagnose : Delft, 18 november 2005* WTA Nederland-Vlaanderen.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/2005

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

MONITOREN VAN HET BINNENKLIMAAT IN RIJKSMUSEA

Marco H.J. Martens, Jos (A.)W.M. van Schijndel & Henk L. Schellen
Technische Universiteit Eindhoven

Abstract

Voor het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (OC&W) is een onderzoek verricht naar het binnenklimaat in drie rijksmusea. Hierbij is geprobeerd in elk van de drie musea het binnenklimaat zo goed mogelijk te registreren. Hiervoor is een nieuw, draadloos meetsysteem opgebouwd. Dit systeem is volledig geautomatiseerd.

Ook is een internetpagina aangemaakt, waarop de gemeten data, uitgewerkt in overzichtelijke grafieken, rechtstreeks zichtbaar zijn, zowel voor medewerkers en directie van de musea, de Inspectie Cultuurbezit als voor de bij het project betrokken studenten en onderzoekers.

1. Inleiding

De ICB, de Inspectie Cultuurbezit, onderdeel van het Ministerie van OC&W, is de instantie die toezicht houdt op de rijkscollectie in Nederland. Doel is controle van beheer en behoud van de objecten die in de musea bewaard worden. Eenmaal per jaar wordt elk rijksmuseum uitgebreid bezocht en onderzocht door inspecteurs van de ICB. Aspecten van actieve en preventieve conservering worden bekeken. Hierbij wordt het binnenklimaat momentaan geregistreerd door in een aantal ruimtes luchttemperaturen, relatieve luchtvochtigheden en verlichtingssterkten te meten.

In sommige van de onderzochte gevallen bleken klimaatgerelateerde schades aan gebouw en museale objecten te zijn ontstaan.

In opdracht van de ICB heeft de TUE van september 2003 tot december 2005 een uitgebreid onderzoek naar het binnenklimaat in verschillende typen musea verricht. Het doel van dit onderzoek was het ontwikkelen van een methodologie voor het beoordelen van het binnenklimaat. Dit onderzoek bestond uit het monitoren van drie rijksmusea. Voor elk museum is dezelfde werkwijze gevolgd. Deze werkwijze is als volgt.

1.1. QuickScan

Er wordt een eerste bezoek gebracht aan het museum. Een gesprek met de directie en het personeel, een rondleiding door het museum en enkele indicatiemetingen geven enige informatie om het museum in te kunnen schatten.

1.2. Gebouwanalyse

Een meer uitgebreide inventarisatie vindt plaats aan de hand van bouwtekeningen en bestek. Wanneer de tekeningen en/of het bestek niet compleet zijn, wordt tijdens een tweede museumbezoek het gebouw beter in kaart gebracht.

1.3. Installatieanalyse

Eenzelfde inventarisatie vindt plaats op installatiegebied. De tekeningen en het bestek geven uitsluitsel over de aanwezige componenten, de regeling dient ook weergegeven te

zijn in het bestek. Ook het gebouwbeheersysteem (GBS) kan een hulpmiddel zijn bij de beeldvorming.

1.4. Incidentele metingen

Naast de al genoemde indicatiemetingen worden ook andere incidentele metingen uitgevoerd. Deze metingen hebben betrekking op in de tijd constant te veronderstellen grootheden (ventilatievoud, ZTA-waarde), worstcase condities (infraroodopnamen op een koude dag) of dienen als uitgangspunt voor de langeduurmetingen.

1.5. Permanente metingen

De permanente metingen worden geïnstalleerd om tijdafhankelijke parameters te registreren. Hierbij worden meestal lucht- en oppervlaktetemperaturen en relatieve luchtvochtigheden bepaald. Deze metingen geven inzicht in het temperatuur- en vochtgedrag van gebouw en installatie.

1.6. Modelvorming

Om eventuele aanpassingen aan een gebouw of een installatie vooraf te kunnen inschatten, kan een simulatiemodel worden opgesteld. De analyse vormt de basis voor het model, de permanente meting de validatie.

1.7. Verklaren fysische verschijnselen

Aan de hand van metingen en modelvorming wordt getracht de gesignaleerde problemen te verklaren en er worden mogelijkheden voorgesteld om deze problemen, waar mogelijk, op te lossen of de overlast ervan te verminderen.

2. Opzet systeem

Vooraf het gedeelte 'permanente meting' zorgde tot voor kort voor problemen. Eenvoudig te plaatsen sensoren met een datalogfunctie hadden als probleem, dat ze elke paar weken uitgelezen moesten worden door met een laptop alle sensoren langs te gaan. Grote dataloggers met een capaciteit van 30 kanalen, gecombineerd met een looptijd van een half jaar, hadden als nadeel dat de sensoren fysiek verbonden moesten zijn met de logger. Dit zorgde voor een heleboel kabels door het gebouw. Beide systemen hadden als nadeel dat de meetresultaten pas achteraf beschikbaar waren.

Met behulp van een relatief nieuw type datalogstelsel is een automatisch meetstelsel opgezet. Hierbij worden de draadloos gemeten data op afstand uitgelezen uit de logger, toegevoegd aan de al eerder gemeten data, gecorrigeerd volgens de laatste kalibratie, omgezet tot grafieken en gepubliceerd op internet.

2.1. Hardware

Het hart van de hardware bestaat uit een centrale unit (ELTEK squirrel 1000 series RX250). Deze unit ontvangt en bewaart alle data die door de sensoren wordt verzonden. Door een GSM-unit aan de centrale unit te bevestigen, wordt het mogelijk om op afstand verbinding met de logger te leggen. Zo kunnen de opgeslagen data worden uitgelezen.



Fig. 1: Logger

De sensoren die gebruikt worden (ELTEK genII transmitter GS-11), hebben elk drie opnemers. Deze bestaan uit een luchttemperaturopnemer, een relatieve luchtvochtigheidopnemer en een oppervlaktetemperaturopnemer. Elke 5 minuten worden deze drie opnemers uitgelezen. De drie waarden worden draadloos verzonden naar de logger.

De weergavenauwkeurigheid is 0,1 °C en 0,1 % RV. De meetnauwkeurigheid bedraagt $\pm 0,4$ °C (tussen + 5 en + 40 °C, daarbuiten ± 1 °C) en ± 2 % RV (tussen 10 en 90 % RV, daarbuiten ± 4 % RV).



Fig. 2: Sensor

Voor aanvang van de meting worden de sensoren in een kalibratiekast geplaatst. In deze kalibratiekast worden temperatuur en luchtvochtigheid stapsgewijs gevarieerd. Zeer nauwkeurige, geijkte meetapparatuur registreert de temperatuur en relatieve vochtigheid. De met sensoren gemeten waarden kunnen na de kalibratie worden gecorrigeerd, opdat de afwijking ten opzichte van de geijkte apparatuur minimaal is. Hierdoor is de uiteindelijke nauwkeurigheid beter dan door de fabrikant is opgegeven.



Fig. 3: Klimaatkast

2.2. Plaatsing van de hardware

In enkele ruimten (een aantal in de orde grootte van 10) worden luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid gemeten. Hierbij wordt de sensor zo geplaatst, dat de luchtcondities overeenkomen met een gemiddelde luchtconditie voor de hele ruimte. Dit houdt in, dat de sensor zich niet te dicht nabij wanden, hoeken of warmteproducerende apparaten bevindt.

De sensor is uitgerust met een oppervlaktetemperatuuropmeter. Deze is verbonden met de sensor middels een kabel van enkele meters lengte. De opmeter wordt op een positie geplaatst die bouwfysisch gezien interessant is. Dit kan een koude plek op een wand zijn (vooraf bepaald met infraroodthermografie), een plaats waar directe zonnestraling te verwachten is of direct op een object van interesse.

Soms is het nodig om in een ruimte aanvullende parameters mee te nemen in de permanente meting. Een tweede sensor kan bijvoorbeeld in een inblaaskanaal worden geplaatst. Hierdoor worden de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de inblaaslucht bepaald. De oppervlaktetemperatuuropmeter wordt dan bijvoorbeeld op een ander interessant oppervlak geplaatst. Een ander type telemetrische opmeter kan ook analoge signalen meten. Deze worden gebruikt in combinatie met andere meetinstrumenten, zoals bijvoorbeeld CO₂ meters.

Vaak kunnen meerdere sensoren in één ruimte worden gebruikt. Een voorbeeld van toepassing is een sensor, die in de spouw van een constructie wordt geplaatst. Deze spouw

moet dan wel toegankelijk zijn, bijvoorbeeld wanneer een voorzetwand zich voor de monumentale constructie bevindt.

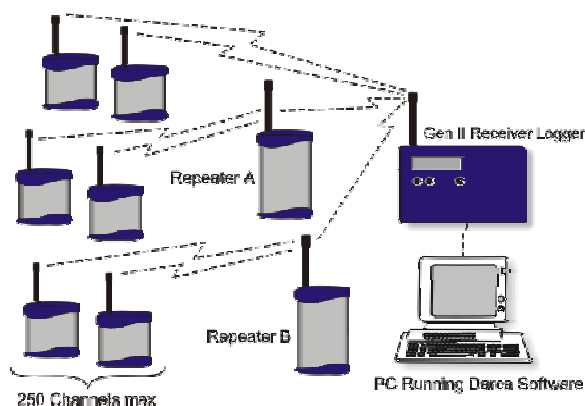


Fig. 4: Telemetrisch meetsysteem

De logger wordt op een centrale plaats in het gebouw opgesteld. Bij gebouwen met dikke wanden of veel ijzerhoudende materialen (wapening van beton) is het soms lastig om een plek te kiezen waar alle sensoren ontvangen kunnen worden. Ook is het van belang, dat er op de plaats van de datalogger een netspanning aanwezig is. Lastiger wordt het, wanneer de spanning na sluitingstijd centraal wordt uitgeschakeld. Dan wordt een accu geïnstalleerd, zodat 's avonds de logger vanuit de accu wordt gevoed, terwijl overdag de accu bijlaadt.

2.3. Software

Het ELTEK meetsysteem wordt standaard geleverd met software om de data te laden en te bekijken. Deze software heet Darca Plus.

Van deze software wordt alleen het inladen en exporteren (als tabgescheiden tekstbestand) gebruikt. Dit is mogelijk via een DOS-commando.

Met Microsoft Frontpage is een internetsite ontwikkeld (<http://sts.bwk.tue.nl/monumenten>), hier zijn een aantal onderzochte gebouwen op afgebeeld. De meetdata van het voorbeeldhuis is te bekijken; wanneer de data van de andere monumenten wordt bekeken, is een toegangscode vereist.

De dataverwerking wordt met het programma Matlab gedaan. Elke ochtend wordt Matlab automatisch opgestart met behulp van Windows Scheduler. Hierna worden achtereenvolgens de volgende taken uitgevoerd:

- Per GSM wordt verbinding gemaakt met de logger in gebouw 1
- De logger wordt gestopt.
- De data wordt verzonden naar de PC.
- Het geheugen van de logger wordt leeggemaakt.
- De logger wordt opnieuw gestart.
- De data wordt geëxporteerd als tabgescheiden tekstbestand.
- De verbinding wordt afgesloten.
- Het geëxporteerde bestand wordt hernoemd met in de bestandsnaam de start- en stopdatum.
- Alle bestanden worden ingelezen in Matlab en in de juiste volgorde aan elkaar geplakt.
- De meetgegevens worden gecorrigeerd met behulp van de kalibratiegegevens.
- De meetgegevens worden opgeslagen.
- Van de meetgegevens worden grafische weergaven gemaakt, waarbij een viertal perioden te onderscheiden is: jaar, maand, week en dag.

- De gegenereerde grafieken worden omgezet tot jpeg-bestanden, waarbij een watermerk wordt toegevoegd.
- De jpeg-bestanden worden verstuurd naar de server, zodat ze zichtbaar worden via de website (<http://sts.bwk.tue.nl/monumenten>).
- De databestanden, de complete meetgegevens en de grafieken worden allemaal gebackupt.
- De tijdelijke bestanden worden gewist.

Nadat het uitlezen en converteren van de data van het eerste gebouw gereed is, worden ook de data van de andere gebouwen op eenzelfde manier verwerkt.

Matlab is uitstekend geschikt om wiskundige bewerkingen te verrichten. De meetdata kunnen uitgebreid worden bewerkt. De grafische output van Matlab is erg uitgebreid en is volledig controleer- en manipuleerbaar. Hierdoor is Matlab erg geschikt om de meetdata en de daaruit afgeleide andere grootheden uit te rekenen.

Tevens beschikt Matlab over de mogelijkheid om DOS-commando's uit te voeren. Aangezien heel veel programma's door middel van een DOS-code zijn aan te roepen, is Matlab ook geschikt om allerlei andere programma's aan te sturen.

3. Weergave van resultaten

In voorgaande paragraaf is al aangegeven, dat allerlei verschillende plots kunnen worden gemaakt. De reden voor het maken van deze plots is het inzichtelijk maken van het binnenklimaat. Het publiek dat via de website de gemeten data bekijkt, is zeer wisselend van achtergrond. De Inspectie Cultuurbezit bekijkt de website om het binnenklimaat te kunnen toetsen aan bepaalde klimaateisen. Een conservator van een museum wil weten aan welk klimaat bepaalde museale objecten worden blootgesteld. Een installatietechnicus wil graag weten of zijn installatie naar behoren functioneert.

Om een zo groot mogelijk inzicht te verschaffen in het binnenklimaat, is een aantal plots ontwikkeld.

3.1. Jaarplots

De jaarplot bestaat uit zes verschillende grafieken. De meetperiode, die wordt weergegeven per plot, is een gedeelte van een jaar of een heel jaar.

3.1.1. Tijdplot

Op de horizontale as wordt de tijd weergegeven, op de verticale as de gemeten grootheid. Bij de eerste grafiek is dit temperatuur (in °C), bij de tweede grafiek is dit Relatieve Vochtigheid (in %RV).

Deze grafieken kunnen gebruikt worden om een beeld te krijgen van het verloop van temperatuur en vochtigheid over een bepaalde periode.

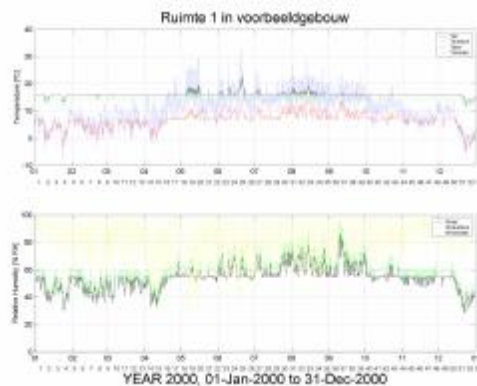


Fig. 5: Voorbeeld van een tijdplot

3.1.2. Statistiekplot

Van de drie gemeten grootheden (luchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en oppervlaktetemperatuur) worden minimum, maximum, gemiddelde, spreiding, mediaan, standaarddeviatie en variantie gegeven.

Deze getallen kunnen gebruikt worden voor het opzoeken van statistische basisgegevens voor een bepaalde periode.

Ruimte 1 in voorbeeldgebouw

| Unit | Year | Min | Max | Avg | Min | Max | Avg | Min | Max | Avg | Min | Max | Avg | Min | Max | Avg |
|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Air | Min | 15.5 | 25.8 | 19.2 | 15.8 | 26.1 | 19.5 | 16.2 | 26.5 | 19.8 | 16.5 | 26.8 | 20.1 | 16.8 | 27.1 | 20.4 |
| | Max | 25.8 | 35.1 | 28.5 | 26.1 | 35.4 | 28.8 | 26.4 | 35.7 | 29.1 | 26.7 | 36.0 | 29.4 | 27.0 | 36.3 | 29.7 |
| | Avg | 19.2 | 25.8 | 21.5 | 19.5 | 26.1 | 22.0 | 19.8 | 26.4 | 22.5 | 20.1 | 26.7 | 23.0 | 20.4 | 27.0 | 23.5 |
| | StdDev | 3.5 | 4.2 | 3.8 | 3.6 | 4.3 | 3.9 | 3.7 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.1 | 3.9 | 4.6 | 4.2 |
| Surf | Min | 15.5 | 25.8 | 19.2 | 15.8 | 26.1 | 19.5 | 16.2 | 26.5 | 19.8 | 16.5 | 26.8 | 20.1 | 16.8 | 27.1 | 20.4 |
| | Max | 25.8 | 35.1 | 28.5 | 26.1 | 35.4 | 28.8 | 26.4 | 35.7 | 29.1 | 26.7 | 36.0 | 29.4 | 27.0 | 36.3 | 29.7 |
| | Avg | 19.2 | 25.8 | 21.5 | 19.5 | 26.1 | 22.0 | 19.8 | 26.4 | 22.5 | 20.1 | 26.7 | 23.0 | 20.4 | 27.0 | 23.5 |
| | StdDev | 3.5 | 4.2 | 3.8 | 3.6 | 4.3 | 3.9 | 3.7 | 4.4 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.1 | 3.9 | 4.6 | 4.2 |

YEAR 2000, 01-Jan-2000 to 31-Dec-2000

Fig. 6: Voorbeeld van een statistiekplot

3.1.3. Histogramplot

Deze vier figuren laten zien hoe vaak elke grootheid voorkomt. Voor de geselecteerde periode kan gekeken worden naar luchttemperatuur, oppervlaktetemperatuur, relatieve luchtvochtigheid en relatieve vochtigheid nabij het gemeten oppervlak.

Deze grafieken zijn bruikbaar om de hoeveelheid overschrijding of onderschrijding van bepaalde temperaturen en relatieve vochtigheden te bepalen.

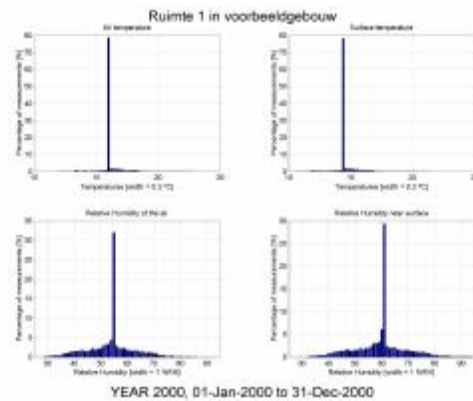


Fig. 7: Voorbeeld van een histogramplot

3.1.4. Foutplot

Deze figuur laat alleen overschrijdingen en onderschrijdingen van de eisen zien. De eisen zijn weergegeven als een dunne horizontale lijn. Alleen de punten die niet voldoen aan deze eisen worden getekend. Een lege figuur is dus een goed teken.

Op de horizontale as is de tijd weergegeven, de verticale as laat achtereenvolgens de temperatuur, de relatieve vochtigheid, de verandering in de temperatuur en de verandering in de relatieve vochtigheid zien.

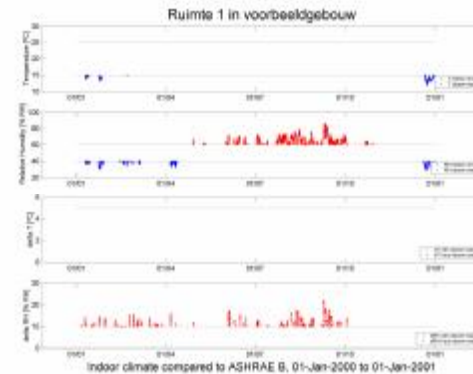


Fig. 8: Voorbeeld van een foutplot

3.1.5. Overschrijdingsplot

De bovenste rij getallen geeft de eisen waaraan het klimaat zou moeten voldoen. De rij getallen daaronder geeft het aantal uren aan, dat niet aan deze eis wordt voldaan. Daaronder staat welk percentage van het totaal dit is.

De kolommen die daaronder volgen, geven weer op welke datum de eis niet wordt gehaald.

Deze figuur kan gebruikt worden om de precieze datum van eventuele afwijkingen te bepalen.

Fig. 9: Voorbeeld van een overschrijdingsplot

3.1.6. Klimaat Evaluatie Kaart

Deze Klimaat Evaluatie Kaart (KEK) is een combinatie van een mollierdigram en vier histogrammen.

Een mollierdigram bestaat uit een horizontale as waarop het absolute vochtgehalte is weergegeven. De verticale as geeft de temperatuur weer. Een horizontale lijn heeft op elk punt eenzelfde temperatuur, een verticale lijn eenzelfde vochtgehalte.

Omdat de maximale vochthoeveelheid in lucht afhankelijk is van de temperatuur, zijn er ook gekromde lijnen weergegeven.

Deze lijnen geven de relatieve vochtigheid aan. Het is in deze grafiek eenvoudig te zien dat bij een temperatuurstijging ook een daling van de relatieve vochtigheid plaatsvindt. Bij elke meetwaarde kan het dauwpunt worden afgelezen: door van dit meetpunt recht omlaag te gaan tot het punt waarop de 100 % RV-lijn wordt geraakt; de bijbehorende temperatuur is de dauwpuntstemperatuur.

Alle meetwaarden zijn als vlakken hierin uitgezet. Aan de kleur van een vlak is te zien hoe vaak een gemeten combinatie van temperatuur en relatieve vochtigheid in dit vlak ligt (hoe intenser de kleur betekent hoe vaker).

De blauwe lijnen geven de vantevoren bepaalde klimaateisen aan. Onder in het Mollierdigram is weergegeven wat deze eisen zijn. De klimaateisen verdelen de grafiek in 9 vlakken. Rechts zijn per seizoen deze 9 vlakken gegeven, hierin staat het getal dat aangeeft hoeveel procent van de metingen in het overeenkomende deel van de grafiek liggen.

De histogrammen aan de rechterzijde geven de verdeling van de maximale veranderingen aan. De getallen in de rechter marge geven het overschrijdingspercentage van de klimaateisen weer.

Deze grafiek kan gebruikt worden om het binnenklimaat te relateren aan de gestelde eisen en daarbij (de grootte van) de afwijkingen te constateren.

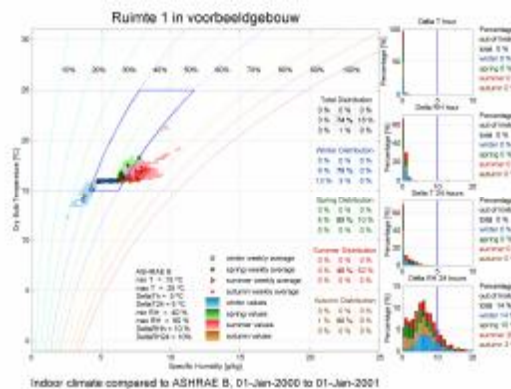


Fig. 10: Voorbeeld van een KEK

3.2. Maandplot

Van elke (geheel of gedeeltelijk) gemeten maand wordt één grafiek gemaakt: de maandplot.

Deze grafiek geeft de luchttemperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en de absolute luchtvochtigheid uitgezet tegen de tijd. Het verloop van de gemeten grootheden kan dus worden bekeken.

Op de tijdas is niet alleen de datum weergegeven, maar ook het weeknummer.



Fig. 11: Voorbeeld van een maandplot

3.3. Weekplot

Van elke gemeten week worden twee grafieken gemaakt.

Bij de eerste grafiek zijn de luchttemperatuur, de relatieve en de absolute luchtvochtigheid uitgezet tegen de tijd. Het verloop van deze waarden kan worden bekeken.

De tweede grafiek geeft de afgeleide functie van temperatuur en relatieve vochtigheid weer. Deze afgeleide geeft aan, hoeveel temperatuur en relatieve vochtigheid veranderd zijn in de afgelopen periode. Deze periode is een uur of een dag. Ook is er statistische informatie te vinden (zoals minima, maxima en gemiddelde) van elke dag en de week als geheel.

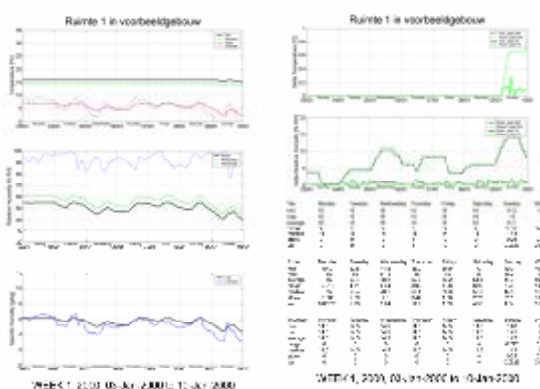


Fig. 12: Voorbeeld van een weekplot

3.4. Dagplot

Elke dag wordt een nieuwe dagplot gemaakt. In tegenstelling tot de overige plots, worden nu meerdere sensoren in één plot weergegeven, namelijk alle sensoren van één gebouw.

De klimaateisen worden weergegeven; wanneer de gemeten waarden binnen de eisen blijven, worden ze grijs afgedrukt. Bij over- of overschrijding van de klimaateisen worden de gemeten waarden gekleurd weergegeven en verschijnt de ruimtenaam in de legenda.

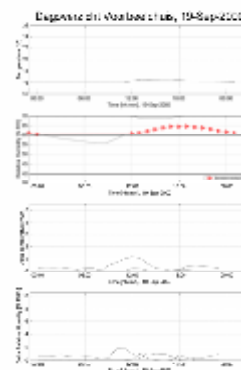


Fig. 13: Voorbeeld van een dagplot

4. Toepassingen

Op dit moment zijn vier verschillende gebouwen uitgerust met een meetinstallatie zoals hierboven is omschreven. Deze vier zullen kort worden toegelicht.

4.1. Gevangenpoort

In museum De Gevangenpoort in Den Haag zijn tien sensoren geïnstalleerd. Negen daarvan bevinden zich in het gebouw, de laatste staat op het binnenplein opgesteld om de buitenklimaatcondities te registreren.

Het systeem werkt naar behoren; door de dikke wanden is het soms moeilijk om signalen te ontvangen. De sensor in de Pijnkelder heeft moeite om bij halflege batterij door de wanden heen te zenden.

4.2. Scheepvaartmuseum

In het depot van het Nationaal Scheepvaartmuseum Amsterdam zijn 14 sensoren aanwezig. Eentje is buiten aangebracht, verder wordt in negen verschillende ruimtes het binnenklimaat bepaald. In vier ruimtes worden ook de inblaascondities geregistreerd.

Door de moeilijke plaatsing van de buitensensor (op het installatiedak) kan regenval soms de sensor rechtstreeks vochtig maken. De gebruikte sensor is minder geschikt hiervoor en roest sneller dan gebruikelijk. Na enige tijd is deze sensor helemaal uitgevallen.

4.3. Mauritshuis

In Het Mauritshuis te Den Haag zijn in zeven ruimtes sensoren geplaatst. In de Vermeerzaal zijn drie sensoren geplaatst: in de spouw achter de voorzetwand, in het inblaaskanaal en in de ruimte. In de Gouden Zaal en atelier 2 worden ook de inblaascondities gemeten. In de overige vier ruimtes worden alleen de luchtcondities gemeten.

In de achtste ruimte, een depotruimte met wanden van gewapend beton, soms twee meter dik, kon niet gemeten worden. In deze ruimte is geen ontvangst.

Op het dak is een speciale buitensensor geplaatst. Deze sensor is bestand tegen regen en wind, maar is in een periode van 8 maanden tweemaal stukgegaan.

4.4. Eerste kamer

In de Eerste Kamer te Den Haag zijn veertien sensoren geplaatst. Alleen in de vergaderzaal worden ook inblaascondities gemeten, verder is dit nergens nodig omdat het gebouw nauwelijks geklimatiseerd wordt.

Ook hier is er een probleem met de buitensensor opgetreden, waardoor deze sensor niet meer kan functioneren.

5. Conclusies

Het draadloze meetsysteem is zeer geschikt om te gebruiken in monumentale gebouwen.

De ontvangst wordt soms belemmerd door massieve of ijzerhoudende wanden.

Het registreren van het buitenklimaat brengt problemen met zich mee, deze problemen worden veroorzaakt door een gebrek aan kwaliteit van het meetsysteem. Deze problemen worden spoedig opgelost.

Het volledig automatiseren bespaart werk en levert op een inzichtelijke manier van dag tot dag informatie. Alle betrokkenen profiteren hiervan.

6. Literatuur

- [1] Jütte, B.A.H.G., 1994, Passieve conservering; klimaat en licht. Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap
- [2] Martens, M.H.J., 2004, Voldoet museum De Gevangenpoort aan de normen voor collectiebehoud? Analyse van het binnenklimaat in een monumentaal gebouw zonder klimaatinstallaties. Technische Universiteit Eindhoven
- [3] Baan, A. en Duijnhoven, T.F.G. van, 2005, Nederlands Cultureel erfgoed; historie met toekomst? Analyse van het binnenklimaat in museum het Mauritshuis te Den Haag en het depot van het Nederlands Scheepvaartmuseum Amsterdam
- [4] www.eltekdataloggers.co.uk