

Auteurs

Ing. H. (Henk) van der Geest (Strukton Worksphere Projecten bv);
B. (Ben) van Ruiten (Solid Air Climate Solutions)

Comfort en verduurzaming bij herontwikkeling van rijkskantoor de Knoop

Van bestaande bouw en een slecht energielabel naar een gerenoveerd pand met een goede energieprestatie en een uitstekend comfort. Dat is in een heel korte bewoordingen een deel van de vraag van het Rijksvastgoedbedrijf ten aanzien van de voormalige Knoopkazerne.

Het bestaande pand was een kazerne. Al sinds 1934 bevonden zich op deze locatie kazernes vernoemd naar luitenant-generaal Knoop. De nieuwe functie behelst het bieden van werkplekken, gastwerkplekken en een vergadercentrum, centraal gelegen in Nederland. Met het Centraal Station van Utrecht direct naast het pand gelegen en de recent ontwikkelde Moreelsebrug, ligt het pand goed toegankelijk in het centrum van Utrecht en Nederland.

De bestaande Knoop kazerne is herontwikkeld tot kantoorpand met vergadercentrum. Installatietechnisch was het een uitdaging om ondanks de gewenste hoge transparantie van het gebouw en de daarmee samengaan invloed van het buitenklimaat, tot een goed binnenklimaat te komen. Een bijzondere prestatie gezien de ook nog eens zeer beperkte verdiepingshoogte. Gekozen is voor hybride klimaatplafondeilanden voorzien van een luchttoevoersysteem dat hoofdzakelijk dwars op het paneel de ventilatielucht inbrengt. De interactie tussen de toegevoerde lucht het geactiveerde paneel genereert een hoog specifiek koelvermogen.

Ambitie

Deze herontwikkeling maakt deel uit van het masterplan Utrecht voor vernieuwing van het centrum CU2030. Er is reeds een aanzienlijk deel



vastgoed ontwikkeld, maar er zullen nog meer projecten volgen op deze locatie. Kenmerkend voor de herontwikkeling van de Knoop, is dat een deel van het bestaande pand behouden blijft en hergebruikt wordt. Het bestaande pand is grotendeels gestript en wordt voorzien van een nieuwe schil. De betonconstructie is grotendeels behouden gebleven. Vanuit duurzaamheid en materiaalgebruik een mooie en zinvolle ambitie, maar niet zonder complexe vraagstukken.

Niet te vergelijken

Het in de periode 1973 - 1976 ontwikkelde kazernecomplex is uiteraard gebouwd naar de toenmalige maatstaven. Sindsdien is er nogal wat veranderd in onze (installatietechnische) wereld. Als men de handboeken van Bronswerk (voorganger van Strukton



Figuur 2: Module met ontsluiting vanuit de verkeersruimte.

Workspace, red.) erbij pakt, dan is daaruit op te maken dat de installatietechniek op het gebied van HVAC in die tijd nog in de kinderschoenen stond. Het was er allemaal wel, maar het is bijna niet te vergelijken met onze huidige kennis en kunde. Laat staan dat het aansluit op het hedendaagse bouwbesluit, normen, publicaties, productontwikkeling en dergelijke. Destijds volstonden geringe schachten en beperkte hoogtes boven de verlaagde plafonds. Een groot deel van de installaties was ondergebracht aan de gevel. Tegenwoordig mag je zelfs voor gebouwen met een beduidend lager ambitieniveau qua comfort minimaal tweemaal zoveel schachtruimte en hoogte boven het plafond verwachten. De doelstelling om het gebouw transparanter te maken heeft dit gegeven nog verder onder druk gezet.

Hoog ambitieniveau winnend ontwerp

Het project is vanuit een publiek-private samenwerking (PPS) opgetuigd waarbij de opdrachtnemer tevens 20 jaar de exploitatie op zich neemt (DBFMO, Design Build Finance Maintain & Operate). R Creators (een samenwerking van Strukton, Ballast Nedam en Facilicom) heeft het project gegund gekregen en de bouw is afgerond en het beschikbaarheidscertificaat is verkregen.

De volgende wensen en eisen liggen ten grondslag aan het winnende ontwerp;

- hergebruik van de bestaande betonconstructie (met een geringe verdiepingshoogte en kleine schachten);

- het vereiste comfort (hoofdzakelijk B-klasse conform de NEN-EN-ISO 7730* en de NPR-CR 1752);
- de gewenste transparantie (voor daglichttoetreding en zicht op het interne proces);
- de gewenste energieprestatie (ruim 40% onder de wettelijke eis);
- 20 jaar onderhoud en exploitatie.

Deze combinatie van eisen maakt een goed doordachte multidisciplinaire aanpak noodzakelijk. Naast de Capex is immers ook een goede Opex van belang.

Schil voor comfort

Het was zaak om de best denkbare schil te creëren om het comfort in het gebouw te kunnen waarborgen. Samen met cepezed architecten is de gebouwschil daarom geoptimaliseerd. Het was vanaf het begin duidelijk dat een krachtige HVAC installatie qua afmetingen niet zou passen in de beschikbare ruimte.

Een lichte installatie gecombineerd met een effectieve schil, geeft ook betere uitgangspunten voor een goed comfort. Door de inzet van driedubbel glas met een afgewogen coating wordt de warmte 's winters binnen gehouden en in de zomer geweerd.

De beglazing varieert qua verhouding zodanig dat, met name in de hoekvertrekken, de externe klimaatinvloeden intern beheersbaar blijven. De glasafmetingen variëren afhankelijk van de positie en oriëntatie. Het toepassen van externe zonwering is vanuit de exploitatie ongewenst. De combinatie van driedubbele beglazing en een reflecterende interne zonwering beperken de zonbelasting tot een minimum.

Zoektocht

Door de geringe verdiepingshoogte en de beperkte mogelijkheid tot het creëren van schachten, is er weinig ruimte voor luchtkanalen. Om deze reden is er gezocht naar een concept,

waarbij met minimale ruimtebeslag voldoende gekoeld kan worden. Globaal resteert een gemiddelde koellast op zon-belaste gevels van 65 tot 95 W/m² vloeroppervlak. Rekening houdende met het koelvermogen van de ventilatielucht resteert een benodigd koelvermogen tot 140 W/m² module oppervlak.

Voor het project is gezocht naar een technische module, waarin meerdere technische functies integraal kunnen worden ondergebracht. De

Figuur 3: Uitvraag module met ondergebrachte componenten.



volgende functies zijn uiteindelijk in de technische module geïntegreerd:

- het verwarmen van de ruimte,
- het koelen van de ruimte,
- het ventileren van de ruimte,
- het voorzien in een plafondafwerking,
- het verlichten van de ruimte,
- het onderbrengen van de omroep/geluidinstallatie,
- het voorzien in een eventuele vorm van betonactivering,
- het voorzien in geluiddempende materialen voor het verbeteren van de akoestische eigenschappen in de ruimte,
- het herbergen van een deel van de infrastructuur,

- het eventueel onderbrengen van een deel van de regelapparatuur,
 - het uit het zicht monteren van een deel van het sprinkler systeem.
- Voor zover ons bekend, zijn er in de markt geen producten die aan alle eisen voldoen. Naast de behoefte aan een toch behoorlijk koelvermogen dient het product met weinig lucht te functioneren en dat met minimale afmetingen.

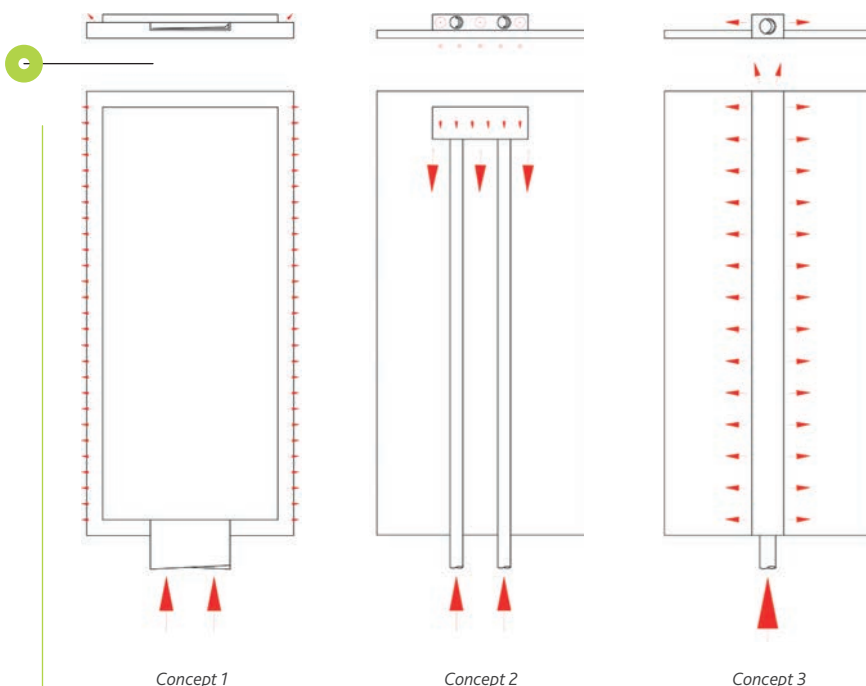
Klimaateisen

In de output specificatie van de opdrachtgever worden eisen gesteld aan de te voorziene ruimten. Ten behoeve van de kantoren wordt een thermisch comfort volgens klasse B conform de NEN-EN-ISO 7730 gevraagd. Het is voor R Creators van groot belang dat aan dergelijke eisen wordt voldaan. Het ligt dan voor de hand om het te ontwikkelen product grondig te testen. Daarbij kiezen wij ervoor om de prestatie te borgen door praktijkmetingen. Ingenieursbureau Peutz is betrokken om in een klimaatkamer de producten te testen. Door een gevalideerde meetmethode kan in een meetkamer de luchttemperatuur, lichtsnelheid en turbulentie-intensiteit gemeten worden. Bij Peutz is in Mook een meetkamer gebouwd gelijk aan een veel voorkomende relevante ruimte in het project. Deze is voorzien van een gevelement overeenkomstig met de praktijk. Aan de buitenzijde zijn extreme klimaatcondities voor de zomer en winter gesimuleerd. In de meetkamer zijn na een zekere stabilisatieperiode de noodzakelijke metingen verricht. Aan de hand van deze metingen wordt de PMV, de PPD en de DR berekend. Binnen de leefzone dienen deze waarden aan de eis te voldoen. Een afwijking boven de gestelde norm leidt tot een lagere comfortklasse.

Drie concepten

Door R Creators is voor dit project het doel gesteld om in samenwerking met meerdere marktpartijen een hybride klimaatplafond-eiland te ontwikkelen dat beter presteert dan tot dan toe beschikbaar was. R Creators heeft hierbij drie leveranciers gevraagd om mee te denken over een passend product. Om de leveranciers uit de dagen is een uitvraag opgesteld. Voor een verdieping zijn de ventilatiedebieten en het benodigd koel- en verwarmingsvermogen geïnventariseerd. De globale temperatuurtrajecten voor de verschillende media bepaald. De wens uitgesproken om het ventilatiedebiet tot het minimum te beperken en het koelvermogen via de waterzijdige systemen te maximaliseren. Ook zijn de minimaal te behalen akoestische (geluiddemping), verlichtingswaarden, ventilatie-effectiviteit en dergelijke meegegeven. Uiteraard zijn er materiaal technisch ook nog specifieke wensen gedefinieerd alsmede montage technische voorkeuren. Enerzijds wil je een leverancier maximale vrijheden geven, maar aan de andere kant zijn de vrijheden vanuit het reeds voorliggende ontwerp beperkt.

Figuren 4:



Één beschikbaar product en twee nieuwe producten zijn hiervoor doorontwikkeld tot een prototype. Het meest kenmerkende bij de drie producten is het verschil in ventilatieconcept. Het betreft de volgende concepten:

- concept 1: verdringingsventilatie (fig. 1, via de rand van de module);
- concept 2: langsventilatie (fig. 2, verdeling van de lucht over de lengte van de module);
- concept 3: dwarsventilatie (fig. 3, verdeling van de lucht, dwars op de lengte van de module)

De verdringingsvariant (concept 1) is in staat om comfortabel grotere luchthoeveelheden in de ruimte te brengen. Dit is het enige beschikbare product dat goed aansluit op de uitvraag, maar het heeft een beperkt koelvermogen bij lagere ventilatiehoeveelheden. Voorgestelde aanpassingen om tot een groter koelvermogen te komen waren architectonische niet acceptabel.

De variant met langsventilatie (concept 2) is een combinatie van twee bestaande producten op de markt. Door de interactie tussen lucht en plafond en het te verwachten luchtinblaasptraan van een lijnrooster, hadden we de verwachting dat dit een goedwerkend concept zou zijn. In de proefkamer kwam dit prototype echter niet zo goed uit de verf. Mogelijk door de ongunstige lengte/breedte verhouding bleef het koelvermogen achter en er ontstonden

(te) hoge luchtsnelheden in het leefgebied.

De variant waarbij de primaire lucht over de gehele lengte verdeeld wordt (concept 3) gaf de beste resultaten. De ingebrachte lucht heeft veel interactie met de bovenzijde van het klimaatplafond en het betondek. In de onderzoeksresultaten zie je ook dat dit een positief effect heeft op het koelvermogen.

De te verwachten turbulentie op het klimaatplafond zorgt voor een hoge overdracht van koude. Het koelvermogen is daardoor fors, maar de luchtsnelheid in de ruimte blijft betrekkelijk laag doordat een down flow effect wordt bereikt tussen de eilanden.

Keuze voor doorontwikkeling hybride concept

R Creators heeft ervoor gekozen om, gezamenlijk met de leverancier, concept 3 door te ontwikkelen. Kenmerkend voor het product is de ver doorgevoerde combinatie van techniek waarbij straling, convectie, inductie, geleiding en energieopslag elkaar versterken.

Waren de eerste resultaten van dit product veelbelovend, het voldeed nog net niet aan de eis. Ook de nu doorontwikkelde module is uitvoerig door ingenieursbureau Peutz getest waarbij ook afwijkende primaire luchthoeveelheden, temperatuursetpoints en de verschillende seizoenen verder zijn onderzocht. Het huidige markt-gereed product presteert bijzonder goed. Er zijn geen overschrijdingen meer op de vereiste comfortklasse.

Onder wintercondities wordt in de gehele ruimte op alle meetpunten voldaan aan de randvoorwaarden voor een hoog



Figuur 5: Testopstelling klimaatkamer

comfort qua binnenklimaat (klasse-A). In de zomer wordt dit kwaliteitsniveau net niet behaald in het gebied nabij de gevel. De luchtsnelheid en DR (Draught Rate) is gelijkmatig verspreid. De overschrijding van het klasse-A comfort wordt veroorzaakt door een te hoge temperatuur op deze meetposities. Aan de vingerende eis wordt wel ruimschoots voldaan.

Conclusie

Verregaande renovatie maakt het mogelijk om bestaande bouw energiezuinig en comfortabel te maken naar de huidige

maatstaven. De gewenste transparantie die zich in de regel vertaalt naar veel glas, zet het installatietechnische ontwerp onder druk. Met de ontwikkeling van een hybride klimaatplafond-eiland waarbij ventilatie, koeling en activering van de betonconstructie elkaar versterken is een fraai installatieconcept ontstaan met behoud van een goed comfort naar hedendaagse normen.



Ing. H. (Henk) van der Geest

Norm ISO 7730

De norm ISO 7730 is opgesteld naar aanleiding van grootschalige onderzoeken naar de menselijke beoordeling van het thermisch binnenklimaat. Deze norm wordt naast de ATG-methode in Nederland gehanteerd in bestekken en werkomschrijvingen om een beoordelingsgrondslag te geven voor het te behalen binnenklimaat. Onderzoeksbureaus hanteren deze normen voor het beoordelen van het klimaat in proefkameronderzoeken zoals ook bij dit project heeft plaatsgevonden bij ingenieursbureau Peutz in Mook.

De norm geeft maatstaven om de thermische gewaarwording en de mate van onbehaaglijkheid te voorspellen voor mensen die aan een binnenklimaat worden blootgesteld. Ook geeft de norm een aantal aanbevelingen voor het behalen van een behaaglijk binnenklimaat. De definitie die in de norm ISO 7730 wordt gegeven van een thermisch behaaglijk binnenklimaat voor de gegeven ruimte is als volgt 'Een klimaat waarbij het voorspeld aantal ontevreden over het thermisch comfort maximaal 10% is' ($PPD \leq 10\%$). Ter beperking van de kans op tochtklachten wordt aanbevolen dat het maximaal toelaatbare percentage ontevreden ten gevolge van plaatselijk discomfort kleiner is dan 20% ($DR < 20\%$).

Belangrijke parameters die in deze norm worden toegelicht zijn:

- **PMV [-]**
Predicted Mean Vote, voorspelde gemiddelde uitspraak over de beleving van het thermisch comfort op een 7-punts schaal: -3 = te koud; 0 = neutraal; +3 = te warm.
De PMV-waarde kan worden bepaald als het activiteitsniveau (metabolisme) en de kleding (thermische weerstand) worden geschat en de volgende parameters worden gemeten:
- Luchttemperatuur, gemiddelde stralingstemperatuur relatieve luchtsnelheid en partiële waterdampdruk.
- **PPD [%]**
Predicted Percentage of Dissatisfied, voorspelde percentage

ontevreden ten aanzien van het thermisch comfort. Bij een optimale PMV-waarde van 0, is het PPD altijd nog 5%. Voor het behalen van een PPD van maximaal 10% dient een PMV-waarde tussen -0,5 en +0,5 voorgeschreven te worden.

- **DR [%]**
Draught Rate, percentage ontevreden ten gevolge van tocht (Draught), beoordelingscriterium dat rekening houdt met luchttemperatuur, luchtsnelheid en turbulentie-intensiteit. Onder turbulentie-intensiteit verstaat men het quotiënt van de standaardafwijking van de luchtsnelheid op de gemiddelde waarde van de luchtsnelheid; dit is een maat voor luchtsnelheidsvariëaties.

Ontevredenheid over de thermische behaaglijkheid kan worden veroorzaakt door de thermische gewaarwording voor het hele lichaam. Parameters hiervoor zijn de PMV-waarde en de PPD-waarde. Ontevredenheid kan echter ook ontstaan door afkoeling of opwarming van een bepaald deel van het lichaam, men spreekt dan van tocht. Om hier uiting aan te geven wordt gerekend met de DR-waarde.

De gestelde eisen hebben betrekking op de leefzone. De afmetingen van de leefzone zijn doorgaans gedefinieerd als 0,5m uit de gevel, 0,3m uit de binnenwanden en tot 1,8m boven de vloer.

De ISO 7730: geeft drie kwaliteitsniveaus voor het binnenklimaat.

- A: Hoog;
- B: Gemiddeld;
- C: Matig;

Voor relevante grootheden zijn de ontwerpcriteria weergegeven in de onderstaande tabel.

Niveau	PPD [%]	PMV [-]	DR [%]
A	<6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30