

# DYNAMISCHE ISOLATIE OF DE POTEN VAN EEN EEND

## AANPAK VAN ENKEL GLAS GEVELS VAN JONGE MONUMENTEN

**De restauratie en herbestemming van veel jonge monumenten moet de taal van het Nieuwe Bouwen in overeenstemming brengen met de huidige functionele eisen van plaatsgebonden arbeid. Restauratiearchitecten vertalen licht, lucht en ruimte met als steekwoord 'transparantie' in gevels vaak naar enkel glas in de oorspronkelijke stoeltjesprofielen. De nieuwe functies na herbestemming vergen veelal een dusdanig comfortniveau, bijvoorbeeld vanwege kantoorwerkplekken, dat grote glasvlakken met enkel glas niet acceptabel zijn. Bovendien zal ook bij de herbestemming van jonge monumenten, waar mogelijk, het streven naar energiebesparing een rol spelen. Dit artikel schetst verschillende oplossingen voor de bouwfysische beperkingen van gevels met enkel glas, zoals die in de praktijk ook zijn uitgevoerd.**



ir. T.J. (Tom) Haartsen,  
Climatic Design Consult



ir. E.R. (Eric) van den  
Ham, TU Delft en  
Climatic Design Consult

### DE TAAL VAN TOEN

De termen 'licht', 'lucht' en 'ruimte' als vertaalde kenmerken van het Nieuwe Bouwen slaan mede op grote glasvlakken die veel licht toelaten, die zicht op de hemel bieden en ruim voorzien zijn van te openen ramen. Het heeft geleid tot hoge en lichte ruimten. Transparantie is het steekwoord, denk aan het voormalige sanatorium Zonnestraat in Hilversum en de Van Nelle fabriek in Rotterdam.

### FUNCTIONELE EISEN VAN NU

Bij renovatie van gevels met stalen ramen is het soms mogelijk dubbel glas in de bestaande profielen te plaatsen of de profielen te vervangen door slanke geïsoleerde stalen profielen met dubbel glas. Bij de herbestemming van een aantal jonge monumenten wordt echter ingezet op behoud van de oorspronkelijke gevel met enkel glas. De nieuwe functies na herbestemming moeten vaak voldoen aan functionele eisen van deze tijd:

- Thermisch comfort: in de winter geen koudestraling en koudeval aan de gevels en in de zomer zo weinig mogelijk warmtestraling.
- Duurzaamheidsambities en energiebesparing: beperking van warmteverliezen.
- Vooral, maar niet alleen, indien de nieuwe functie bevochtiging eist: beheersen condensatie.
- Akoestisch comfort: voldoende geluidwering.

Grote glasvlakken met enkel glas voldoen over het algemeen niet aan die eisen.

### THERMISCH COMFORT VERBETEREN

Hoge gevels van enkel glas veroorzaken in de winter koudeval en koudestraling waardoor werkplekken aan de gevel niet goed mogelijk zijn. Er zijn drie hoofdoplossingen:

- De gevel geheel vernieuwen met geïsoleerde profielen en beter isolerend glas.
- Een tweede gevel direct achter de oorspronkelijke gevel of de bestaande gevel afschermen van het binnenmilieu met een tweede gevel op enige afstand.
- De werkplek op andere wijze afschermen van de gevel.

De eerste oplossing kan worden toegepast in het geval dat behoud van de originele gevel niet essentieel is voor het project. Daarom zal deze oplossing in dit artikel verder niet worden geanalyseerd; technische uitdagingen kunnen vrijwel altijd worden opgelost.

De eerste variant van de tweede oplossing, de introductie van een tweede beglazingslaag direct achter de originele gevel, heeft onder andere de volgende praktische nadelen:

- schoonmaken tussen de twee gevels is moeilijk te realiseren;
- en het openen van ramen (indien die mogelijkheid moet worden behouden) is bijna niet te realiseren.

Dit kan mogelijk worden opgelost met de tweede variant: een tweede beglazingslaag op enige afstand van de originele gevel. Dit is bij enkele restauraties toegepast. Het belangrijkste nadeel is dat die variant de hoeveelheid verhuurbare vloeroppervlakte reduceert.

In sommige gevallen is het daarom verstandig individuele werkplekken op een andere wijze te beschermen, bijvoorbeeld door toepassing van lokale thermische comfortschermen. We bekijken een voorbeeld van deze derde oplossing.

### Lokale comfortschermen

Bij de herbestemming van het Oranje Nassau-gebouw te Heerlen in 1993 diende zich een dienst aan die slechts 25 werkplekken nodig had in een gebouw met 3000 m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte

Voor dit project zijn lokale comfortschermen toegepast, die discomfort door koudeval vanaf de enkele beglazing naar de werkplekken voorkomen. Tegelijkertijd beschermen zij de werkplekken tegen koudestraling vanaf het glas, zie figuur 1.

In de zomer komt bij halfbewolkte hemel onder de uitvalzonnenschermen nog een aanzienlijke hoeveelheid dif-



1 Lokaal comfortscher

fuse warmtestraling naar binnen, waartegen de zon- en lichtwering in het scherm eveneens beschermt. Met de lichtwering in het scherm is het bovendien mogelijk om heel lokaal tot aanvaardbare luminantieverhoudingen voor beeldschermwerk te komen. Zo'n oplossing is alleen toepasbaar voor gevels zonder bijzondere geluidbelasting en alleen rationeel bij een beperkt aantal werkplekken. Bij kantoorwerkplekken aan gevels met een hoge geluidbelasting is, bij handhaving van enkel glas in de historische gevel, een vorm van een tweede schil onvermijdelijk.

#### **Tweede gevel**

De Van Nelle fabriek is een icoon van de Moderne Beweging, oorspronkelijk ontworpen door Brinkman & Van der Vlugt tussen 1925-31, waarvan de vliesgevels moeten worden behouden als karakteristiek van het gebouw. De oorspronkelijke architecten hebben vanwege de zonbelasting op de zuidwestgevel van de Van Nelle fabrieken zonwering geïntroduceerd: jaloezieën gemaakt van houten latten, gespoten in aluminiumkleur en bevestigd aan de binnenzijde van de gevel, luxaflex avant la lettre. Dit in combinatie met te openen ramen om het binnenklimaat goed te kunnen beheersen. Omdat wind uit het zuidwesten overheerst, zorgde het openen van de ramen vaak voor een toename van de warmtelast in de fabriek: convectief vrijkomende warmte van de zonneschermen stroomde de fabriek in.

Een goede binnenzonwering aan de zuidwestgevels van de Van Nelle fabriek kon, vanwege de grote glasoppervlakken en de naar binnen stromende convectieve warmte, een hoge warmtelast in de ruimte evenwel niet voorkomen. Daarom is bij het herbestemmingsproject voor Van Nelle ontwerpfabriek, de tweede gevel aan de zuidwestzijde voorzien van geïsoleerd dubbel glas en aluminium lamellenzonwering tussen de bestaande en de nieuwe gevel. Het dubbel glas van de tweede gevel is vooral belangrijk voor de beheersing van stralingstemperaturen in de zomer. Om in de zomer in de spouw opgewarmde lucht weer naar buiten te laten gaan zijn de bestaande te openen ramen gebruikt. Door ook de lage ramen te verbinden aan dit systeem, wordt luchtstroming op basis van thermische effecten tot stand gebracht (schoorsteen-effect).



2 Draaistang te openen ramen Van Nelle: bestaande draaistangen voor bovenramen zijn gebruikt voor automatisch openen van de ramen. Standaard techniek uit kassenbouw

Voor de automatische bediening van de originele taatsramen zijn de bestaande bedieningsstangen van de hoge ramen verlengd naar beneden en voorzien van een elektrische motor. De toegepaste techniek die op de bestaande draaistangen van de ramen is bevestigd is afkomstig uit de kassenbouw. Daarmee is gerefereerd aan het oorspronkelijk ontwerp van het maatraster van de gevels door Brinkman en Van der Vlugt: Vanwege kostenbeheersing bij latere glasvervanging, hadden de ontwerpers het maatraster geheel afgestemd op standaard glasmaten in de kassenbouw.

#### **BEPERKEN WARMTEVERLIEZEN**

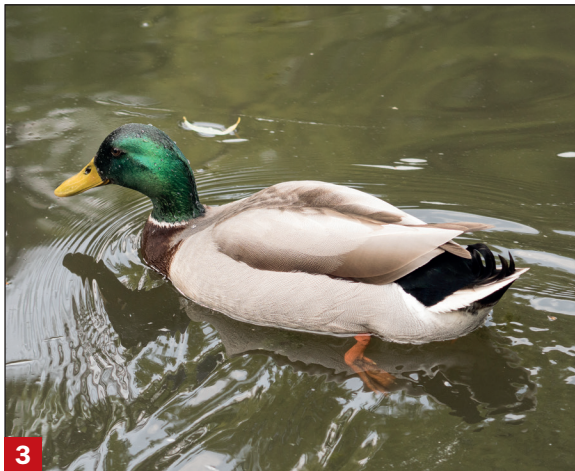
In de tijd dat CO<sub>2</sub> reductie maatschappelijk zwaar telt is het verwarmen van gebouwen met enkel glas nauwelijks meer te rechtvaardigen. Climatic Design Consult hanteert met het oog op energiebesparing in de advisering voor jonge monumenten de principes van de 'poten van een eend', grotendeels te vergelijken met dynamische isolatie. Beide principes zijn erop gericht in de winter de temperatuur aan de slecht geïsoleerde buitengevels zo laag mogelijk te houden: energetisch een wezenlijk ander principe dan een klimaatgevel.

##### **De poten van een eend**

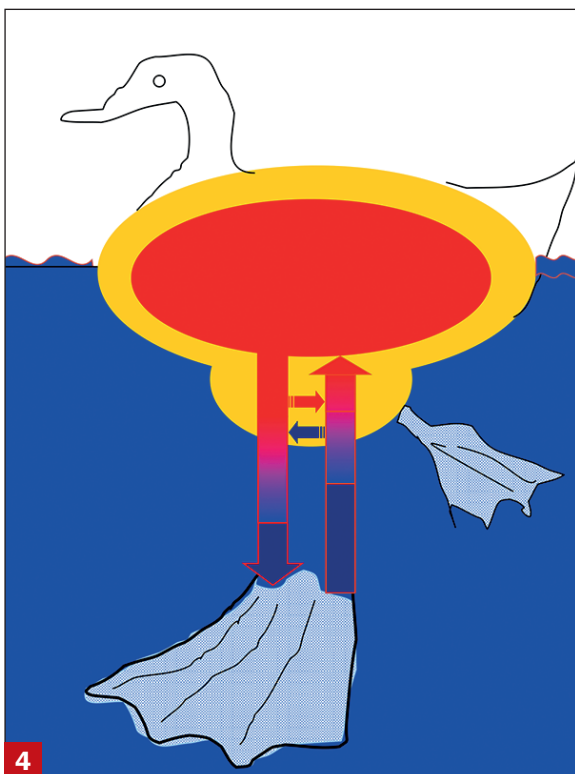
Julian Vincent illustreert warmterugwin-principes aan de hand van de poten van een eend [1]. De kerntemperatuur van het lichaam van een eend is net als die van de mens circa 37°C; het lichaam is goed geïsoleerd met veren. Een eend zou via z'n niet geïsoleerde poten in ijskoud water veel warmte verliezen.

Het begin van de poten van een eend werkt als een warmtewisselaar. Het bloed stroomt met een temperatuur van de kern van de eend de poten in en warmt het van de tenen terugkomende afgekoelde bloed weer op. Daardoor is de gemiddelde temperatuur van de tenen lager dan de kerntemperatuur en verliest de eend veel minder warmte in het koude water dan de oppervlakte van de zwemvliezen zou doen vermoeden.

Dat principe kan ook bij slecht geïsoleerde gebouwen zoals jonge monumenten met enkel glas vliesgevels worden toegepast.



Poten van een eend: voorbeeld van intelligent design.  
Bron: Roelien van Neck fotografie

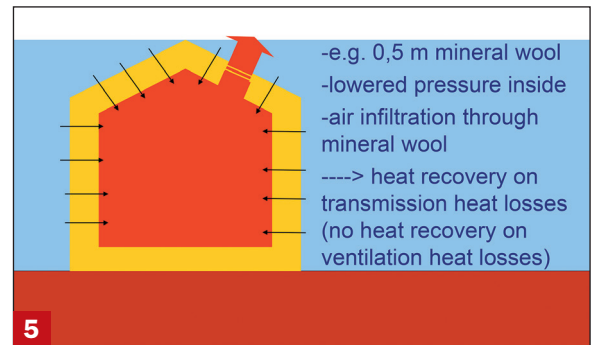


Warmtewisselaar bij binnenkomst bloed uit de poten in het lichaam

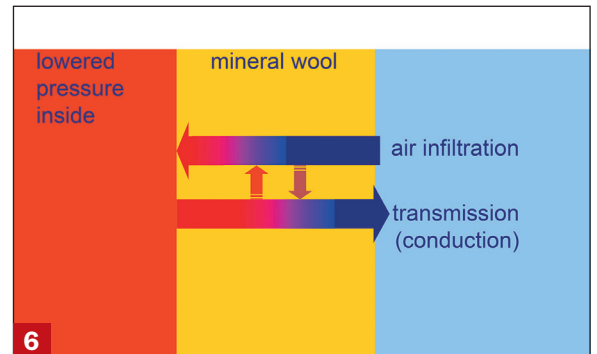
Bij de verbouwing van de luchthaven van Welschap is vanwege de analogie met de poten van een eend geadviseerd de expositieruimte met stalen puien alleen in de middenzone te voorzien van vloerverwarming en de temperatuur in de winter zo ver mogelijk weg te laten zakken, waardoor met een zo laag mogelijke temperatuur van de geïsoleerde puien de warmteverliezen aan de gevel worden beperkt.

#### **Dynamische isolatie**

Dynamische isolatie is isolatie waardoor buitenlucht langzaam naar binnen wordt gezogen. De buitenlucht warmt in de isolatie op en neemt de warmte die door geleiding naar buiten gaat (gedeeltelijk) weer mee naar binnen. Dynamische isolatie is een bijzondere vorm van warmte-terugwinning als bij de poten van een eend. De toepassing met poreuze isolatiematerialen moet evenwel worden beschouwd als een gedachtenexperiment. In werkelijk-



Gedachte-experiment dynamische isolatie



Warmteuitwisseling in lucht- en geleidingsstromen: terugwinning van transmissieverliezen

heid zit er nog een aantal nadelen aan: kleine minerale woldeeltjes kunnen meegenomen worden in de lucht en de kwaliteit van de ventilatielucht beïnvloeden. Bovendien kunnen drukregimes onder invloed van wind nauwelijks worden beheerst.

Een dubbele gevel waarin buitenlucht wordt aangezogen is in de winter een vorm van dynamische isolatie: het temperatuurverschil tussen de gevelspouw en de buitenlucht blijft geringer waarmee de warmteverliezen worden beperkt. De transmissieverliezen van de binnengevel zorgen voor voorverwarming van in de spouw toegevoerde buitenlucht.

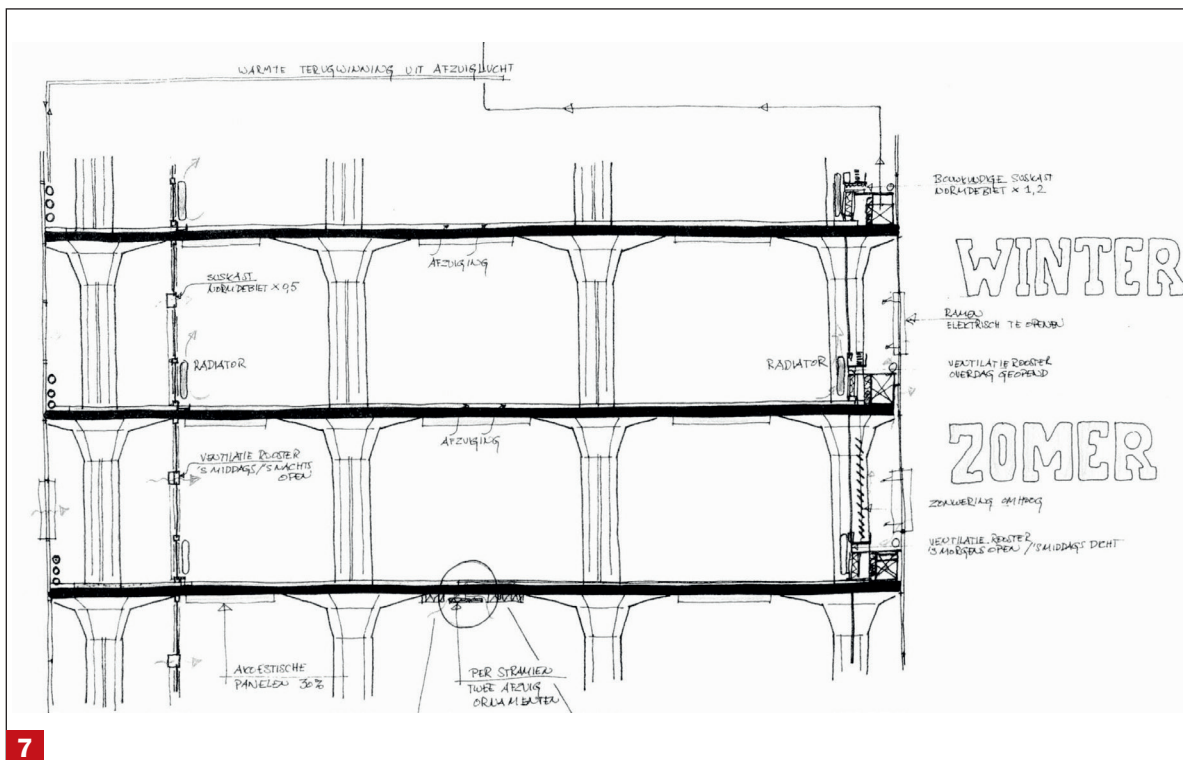
Dit concept is toegepast bij de herbestemming van de Van Nelle fabrieken waarbij de luchttoevoer via de bestaande te openen ramen plaatsvindt. Aan de voorgevel is de gevelspouw verkeersgebied waarin gebruikers zelf de ramen kunnen openen. Aan de achtergevel hebben de gebruikers geen toegang tot de gevelspouw, onder andere om in de zomer de zonbelasting te kunnen beheersen. Daar zullen de ramen elektrisch worden gestuurd.

#### **GELUID VAN BUITEN WEREN**

Geluid van buiten laat zich niet afschermen met een lokaal scherm. Indien de oorspronkelijke gevel behouden moet worden zijn de opties:

- geen werkplekken (denk aan kantoorarbeid) in vertrekken aan een gevel met een hoge geluidbelasting;
- of een tweede gevel plaatsen;
- of werkplekken in cubicles: niet aan de gevel gelegen ruimten.





Herbestemming van de Van Nelle ontwerpfabriek: klimatiseringsconcept met tweede huid gevels. Diagram: Climatic Design Consult

De eerste oplossing is gekozen bij de eerste renovatie van het Oranje Nassau gebouw, waarbij de voorraad aan stenen van de toenmalige Rijks Geologische Dienst in verrekken aan de geluidbelaste gevel is gesitueerd. De tweede oplossing is gekozen bij de tweede renovatie van het Oranje Nassau gebouw en bij de herbestemming van de Van Nelle fabrieken.

Condensatie op gevels met enkel glas in stalen profielen is niets bijzonders. Het is echter ongewenst voor de gebruikers om de hele winter tegen beslagen ramen aan te kijken en voor de puin vormt vocht, zeker bij de draaiende delen, een aanslag op de duurzaamheid indien waterdamp uit exfiltrerende (naar buiten stromende) lucht condenseert en bevriest, waardoor ramen kunnen worden ontzet en kierdichtingen beschadigd. Daarom is een hoge vochtbelasting in jonge monumenten niet gewenst en wordt de duurzaamheid bevorderd door onderdruk te creëren in de gebouwen en er daarmee voor te zorgen dat via de gevels (droge) buitenlucht naar binnen komt.

Bij de Van Nelle fabrieken wordt in de gebruikseenheden door mechanische afzuiging onderdruk gecreëerd waardoor gedurende het grootste deel van de tijd buitenlucht via de gevels toestroomt. Dat zelfde principe is ook bij de beide restauraties van het Oranje Nassau gebouw toegepast.

#### Ook voor vocht soms lokale vitrines

Functies die een hoge luchtvochtigheid vereisen passen niet in jonge monumenten! Er zijn bij de herbestemming van gebouwen evenwel tal van andere overwegingen. Daardoor kan het gebeuren dat toch functies met hoge eisen aan vochtigheid of vochtstabiliteit in een jong monument worden ondergebracht, zoals bij de tweede herbestemming van het Oranje Nassau gebouw. Op de plaatsen met extra kritische vochtcondities is de tweede

gevel hermetisch afgesloten met kitvoegen tussen de glas-elementen.

Ook voor vocht kan desnoods worden gekozen voor een lokale oplossing. Het feit dat vocht zich evenwel niet met een scherpje laat weghouden van de gevel betekent dat bij een lokale oplossing gesloten kasten of vitrines worden gemaakt. Denk aan museale functies waarbij de vitrines dan separaat worden geklimatiseerd.

#### STANDAARDOPLOSSINGEN BESTAAN NIET

Dit artikel geeft verschillende oplossingen voor het in overeenstemming brengen van enkel glas gevels van jonge monumenten met huidige functionele eisen. De optimale oplossing voor een specifiek gebouw moet steeds worden ontworpen. Deze is namelijk afhankelijk van meerdere randvoorwaarden van locatie en nieuwe bestemming, mogelijke indelingsoplossingen en de weging van de te realiseren kwaliteiten. Die weging is het werk van de (restauratie)architect, in samenwerking met een bouwfysisch adviseur en de installatieadviseur.

De principes van de poten van een eend, bijvoorbeeld dynamische isolatie, bieden slimme ontwerp oplossingen voor het beperken van warmteverliezen bij behoud van enkel glas gevels. Deze principes moeten daarom in de gereedschapskist zitten van elke architect die zich bezig houdt met herbestemming van historische gebouwen, net zoals hij basiskennis voor oplossingen voor comfortbeheersing, voor geluidwering en vochtbeheersing moet bezitten. ■

*Dit artikel is eerder gepubliceerd onder de titel 'The feet of the duck or dynamic insulation; tackling single glass facades of Modern Movement buildings' in Proceedings of the 10th International Docomomo Conference, Rotterdam, 2008 (IOS Press BV Amsterdam).*

## ORANJE NASSAUGEBOUW HEERLEN, 1932

### OORSPRONKELIJK ONTWERP: ROOSENBURG

Herbestemming 1995: gebouw voor de Rijksgeologische Dienst te Heerlen  
Opdrachtgever: Rijksgebouwendienst directie Zuid  
Architect: Jo Coenen & Co, Maastricht  
Adviseur technische installatie: Deerns RI, Maastricht  
Adviseur bouwfysica: Climatic Design Consult, Nijmegen/Amsterdam

Herbestemming 2000: Centrale Invoer Belastingdienst

Opdrachtgever: Rijksgebouwendienst directie Zuid  
Architect: Jo Coenen & Co, Maastricht  
Adviseur technische installatie: Rijksgebouwendienst, directie Zuid  
Adviseur bouwfysica: Climatic Design Consult, Nijmegen/Amsterdam

### HERBESTEMMING 1995: AFSTEMMING BESTEMMING OP MOGELIJKHEDEN VAN HET GEBOUW

Het in 1932 gebouwde voormalige hoofdkantoor van de Oranje Nassau-mijnen is een karakteristiek gebouw van architect D. Roosenburg met een gedeeltelijk stalen draagconstructie, stalen puien en stalen gevelbeplating. De klimaatinstallatie was uniek voor die tijd: mechanische luchttoevoer en afzuiging in 1932! In het oorspronkelijke ontwerp zijn de werkruimten met een vrije hoogte van circa 4,3 meter niet van akoestische plafonds voorzien. Het gebouw kreeg van Roosenburg een voor die tijd kenmerkend transparant karakter mee dankzij hoge ramen en de ruimschoots van glas voorziene binnenwanden.

De opgave in 1995 luidde: Is het mogelijk om het "stalen" gebouw van de voormalige Oranje Nassau-mijnen te Heerlen een nieuwe functie te geven die voldoet aan de huidige eisen van de Rijksgebouwendienst, terwijl toch respectvol met de oorspronkelijke architectuur wordt omgegaan?

Bij haar opdracht heeft de Rijksgebouwendienst de architect gevraagd de haalbaarheid van de herbestemming voor twee mogelijke diensten te onderzoeken: de (voormalige) Algemene Dienst voor Verkeer en Vervoer (AVV) en de (voormalige) Rijks Geologische Dienst (RGeoD). Beide diensten vroegen circa 2500 m<sup>2</sup> FNO, maar voor de AVV werden circa 150 werkplekken gevraagd en voor de RGeoD slechts 30.

Bureau Coenen heeft er naar gestreefd de ruimtelijkheid en transparantie van het ontwerp van Roosenburg terug te brengen, maar gevels met ongeïsoleerde stalen profielen en enkel glas voldoen op tal van punten niet aan de prestatiespecificaties die de Rijksgebouwendienst hanteert:

- te weinig geluidwering bij de geluidbelaste gevels;
- koudeval (hoge ramen) en koude-straling;
- condensatie;
- grote warmteverliezen.

Kostbare maatregelen om de kwaliteit van alle gevels, op wat voor wijze ook, op het gewenste niveau te brengen zouden de renovatie op de tocht hebben gezet. Daarom is geadviseerd om het gebouw te bestemmen voor de Rijksgeologische Dienst op grond van de volgende overwegingen:

- Gezien de aansluitingen aan de gevel en andere constructieonderdelen en de gekozen praktische opzet kon het risico van matige geluidsisolatie tussen vertrekken alleen tegen hoge kosten worden geminimaliseerd, terwijl aan het plaatsen van de binnenwanden gezien de grote vrije hoogte al veel kosten verbonden zijn. Voor de RGeoD zijn minder binnenwanden nodig.
- Voor de RGeoD moesten veel minder geveldelen worden voorzien van een achterzetpui om aan de geluidweringseisen te voldoen.
- Voor de RGeoD kon met minimale aanpassingen aan de toevoer luchtbehandelingskast het vereiste debiet worden gerealiseerd, terwijl bij bestemming van het pand voor de AVV vervanging van de bestaande toevoer luchtbehandelingskast onvermijdelijk was.
- Ten gevolge van het geringere aantal permanent aanwezige personen is bij huisvesting van de RGeoD de vochtbelasting lager en daarmee het

condensatierisico in dit qua gevelopbouw vochttechnisch gevoelige gebouw geringer.

- Ten gevolge van het geringere aantal werkplekken zijn ook de kosten voor voorzieningen ten behoeve van goed beeldschermwerk (lichtwering aan de gevel, of in lokale schermen) lager.
- In de vele archieven en depots van de RGeoD e.d. waar geen mensen permanent verblijven, kan ter vermindering van de warmteverliezen door transmissie en ventilatie in de winter, een lagere temperatuur worden gehandhaafd (poten van een eend).

### HERBESTEMMING 2000: NIEUWE BESTEMMING DICTEERT KOSTBARE INGREEP

De tweede herbestemming van het Oranje Nassau gebouw is technisch een bijzonder geval. De specifieke functies van het te vestigen onderdeel van de belastingdienst vergen een klimatiseringssysteem waarbij lucht mechanisch wordt toegevoerd aangevuld met extra koeling. Er zijn data-invoorzalen met veel werknemers en een hoge interne warmtebelasting. Er komen computerzalen met hoge warmtebelastingen en strenge eisen aan de temperatuur en vochtcondities en ook vanwege papierverwerkingsmachines vraagt een aantal functies om bevochtiging. Daarmee is een tweede gevel onvermijdelijk geworden vanwege:

- Noodzakelijke geluidwering bij grote kantoortuinen voor datatypistes.
- Vermijden van condensatie aan de oorspronkelijke gevel.

Bij ruimten met extreem hoge dampdrukken is de tweede gevel luchtdicht afgewerkt.

Waar mogelijk is aan de RV eisen voldaan bij een zo laag mogelijke luchttemperatuur, waardoor de dampdruk en daarmee de kans op condensatie tegen de buitengevel wordt beperkt. Bij de ruimten met minder extreem hoge dampdrukken is de tweede gevel niet hermetisch gesloten, maar is de hoeveelheid in de vertrekken toegevoerde lucht steeds kleiner dan de hoeveelheid afgezogen lucht zodat gedurende het grootste gedeelte van het winterseizoen geen vochtige lucht naar de gevelspouw zal stromen.



8

2<sup>e</sup> gevel Oranje Nassau gebouw. Bron: Norbert van Onna

## LUCHTHAVENGEBOUW WELSCHAP, EINDHOVEN, 1935

### ONTWERP: ROOSEBURG

Herbestemming: informatiecentrum Meerhoven  
 Opdrachtgever: gemeente Eindhoven  
 Architect: Jan van den Burg, Eindhoven  
 Adviseur technische installaties: Deerns RI, Eindhoven/Maastricht  
 Adviseur bouwfysica: Climatic Design Consult, Nijmegen/Amsterdam

Ook het voormalige luchthavengebouw in Eindhoven was een ontwerp van Roosenburg met de voor die tijd kenmerkende stalen stoeltjesprofielen. Het is in 1999 herbestemd tot een informatiecentrum van de nieuwe te ontwikkelen wijk Meerhoven, waarbij het behoud van de oorspronkelijke transparantie een belangrijke randvoorwaarde vormde. Dit speelde vooral bij de voormalige vertrekhal met overhoekse doorkijken. Door de functie van tentoonstellingsruimte te situeren in de voormalige vertrekhal konden voor deze ruimte minder strenge comfortcondities worden geaccepteerd, waardoor de oorspronkelijke lage radiatoren konden worden gehandhaafd. Door de minder strenge comfortcondities direct aan de gevel kon de temperatuur aan de gevels in de winter lager worden waardoor de warmteverliezen afnamen.



Voormalig Luchthavengebouw Welschap

## VAN NELLE FABRIEK, ROTTERDAM, 1928-1931



10

### ONTWERP: BRINKMAN EN VAN DER VLUGT

### CONSTRUCTIEADVISEUR: WIEBENGA

Herbestemming: Van Nelle Ontwerpfabriek; bedrijfsverzamelgebouw voor grafische, ontwerp, en mediabedrijven, tabak-koffie-theefabriek 1999-2002  
 Opdrachtgever: Ontwerpfabriek monument BV  
 Coördinerend architect: Wessel de Jonge, Rotterdam  
 Architect tabak/koffie/thee-fabriek: Claessens Erdmann architects & designers, Amsterdam  
 Constructieadviseur: ABT Arnhem/Bartels Utrecht  
 Adviseur bouwfysica/installatieconcept: Climatic Design Consult, Nijmegen/Amsterdam  
 zie ook [2]

De geluidbelastingen op de gevels van de Van Nelle fabrieken maakten verbetering van de geluidwering van de gevels noodzakelijk. De oorspronkelijke gevels zijn altijd goed onderhouden. De architect van de fabrieken, Claessens Erdmann architects & designers, ontwierp daarom al in een vroeg stadium een extra gevel binnen de oorspronkelijke gevels, waarmee zowel het thermisch comfort op het gewenste niveau kon worden gebracht als de voor kantoren vereiste geluidwering kon worden gerealiseerd.

### BRONNEN

- [1] Vincent, J., Lezing side event for Doors of Perception 5, *Play it smart in architecture*, Amsterdam, november 1998
- [2] Backer, A.M., D.L. Camp & M. Dicke (Eds.), *Van Nelle, Monument in Progress*. Rotterdam 2005