

Auteurs

ir. Aldo Vos (architect directeur); ir. Willeke van de Groep (projectcoördinator); ir. Okan Türkcan (assistent ontwerper), allen van Architectenbureau Broekbakema

Hybride ventilatie met natuurlijke bronnen

Durf te focussen op de energievraag. Sinds 2015 is dit ons pleidooi in een aantal blogs over installatie-arm bouwen. Niet om de wereld van de installatietechniek de das om te doen, maar in de overtuiging dat architectuur integraal slimmer kan. Met hybride ventilatie op basis van natuurlijke bronnen valt eenvoudigweg zoveel winst te behalen. Met het ontwerp van de Energy Academy Europe hebben we dit mogen en kunnen aantonen. Daar heb je uiteraard een ambitieuze opdrachtgever voor nodig. Dat was de Rijksuniversiteit Groningen in ons geval.

Vaak zijn tussenstappen nodig om tot de ultieme oplossing te komen. Zo was de Tesla misschien nooit ontwikkeld als de hybride Prius er niet was geweest. In onze missie om uiteindelijk enkel hernieuwbare en energieleverende gebouwen te realiseren, bouwen we onze kennis steeds verder uit. Met de Energy Academy Europe hebben we een grote stap voorwaarts kunnen zetten door optimaal gebruik te maken van de elementen uit de natuur: een hybride gebouw op basis van aarde, water, lucht en zonlicht, met back-up installaties voor enkel die dagen in het jaar dat de natuurlijke bronnen niet volstaan.

Het was geen gemakkelijke opgave: de RUG stelde hoge ambities qua duurzaamheid. De Energy Academy moest een volledig 'zero-emission' gebouw worden. Daarom werd met de opdrachtgever en ontwerpteam de duurzaamheidsambitie verder vertaald naar kwalitatieve en kwantitatieve ambities, variërend van energieprestaties tot BREEAM, CO₂-emissies en een gezond binnenklimaat. De thema's energie, water, materialen, binnenmilieu en omgevingsmilieu speelden hiermee een centrale rol in het ontwerp- en bouwproces, maar ook in het gebruik van het gebouw na realisatie.

Ten aanzien van energiegebruik werd een strenge eis gesteld: een maximaal jaarlijks primair energieverbruik van 51 kWh/m² (bruto) inclusief gebouwgebonden verbruik van de gebruikers met klimaatklasse B binnen. Dat kwam overeen met een EPC (EP_{tot}/EP_{adm};tot) van -0.136. Enkel specifieke apparatuur voor sommige onderzoeken mocht



Foto 1: De Energy Academy gezien vanuit het zuidwesten (foto: Ronald Zijlstra).

buiten beschouwing worden gelaten. Voor een gebouw dat onderwijs-, kantoor- en onderzoeksfuncties combineert is dat een hoge ambitie. Ook tijdens de gebruiksfase zou het verbruik daarom actief worden bijgehouden en zo nodig worden bijgesteld. Vanaf het begin van het ontwerpproces werd daarom ook ingezet voor een BREEAM Outstanding score en CO₂-neutraliteit in 50 jaar voor oprichting, gebruik en sloop. De compensatie voor deze emissies moest komen van eigen terrein.



Massa en Oriëntatie

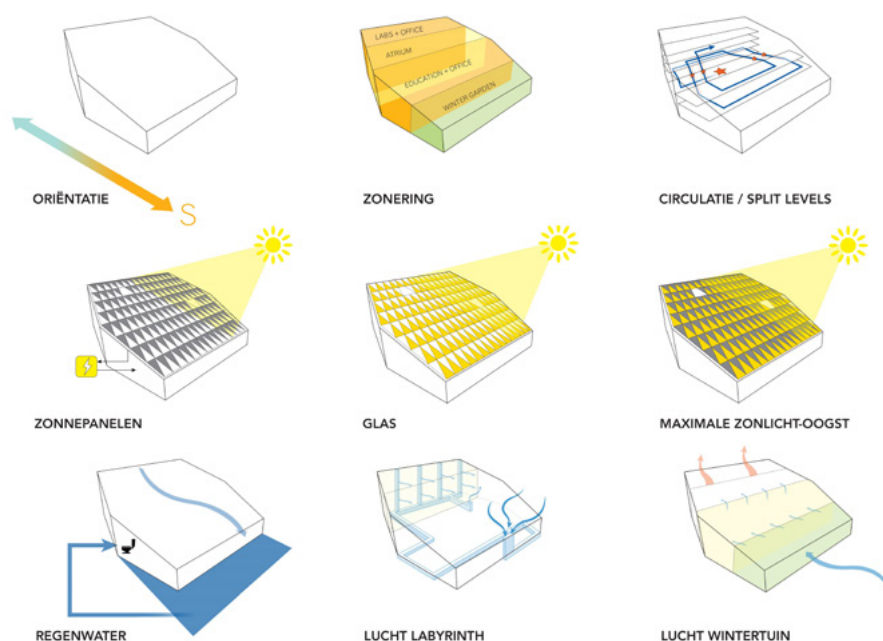
Samen met het integrale ontwerpteam is vanaf de eerste dag alles ingezet op het terugdringen van de energievraag. Daarom zijn verschillende bezonnings- en massastudies verricht naar een optimale vorm die een compacte gevel combineert met voldoende oppervlak voor energie-opwekking. Atria, wintertuinen, patio's en een energie opwekkend dak waren integraal onderdeel van elke massa. Uiteindelijk werd gekozen voor een zeshoekige vorm met compacte schil en centraal atrium met wintertuin op zuid: hiermee werd maximaal volume gecombineerd met gering transmissie-oppervlak.

De vloervelden zijn volledig noord-zuid geplaatst met weinig oost-west oriëntatie. Op het zuiden is een wintertuin ontworpen als opwarmer voor het ondergrondse labyrint. Door een atrium tussen de noord- en de zuidvleugel te plaatsen is het gebouw uiterst compact geworden. De gevels hellen achterover voor extra daglicht en zijn per oriëntatie verschillend uitgewerkt met zonwerende verticale lamellen. Het schuine dak is naar het zuiden gekanteld onder een hoek van 17 graden.

Om optimaal daglicht binnen te halen, maar tegelijkertijd maximaal energie te oogsten, is het dak driedimensionaal gemaakt. Hiermee is het dakoppervlak "vergroot naar 150%". Bijna de helft van het dakoppervlak is bestemd voor daklichten, terwijl de overige helft met PV wordt bedekt. Voor de kantoren geldt dat tot diep in de ruimten een daglichtfactor van 3% wordt behaald, wat betekent dat meer dan 70% van de tijd de basisverlichting uit kan. Door de kantoren aan de noordgevel te plaatsen is direct lichthinder zoveel mogelijk voorkomen, waarmee ook lichtwering minder gebruikt hoeft te worden. De onderwijsruimten en laboratoria zijn geplaatst aan het atrium, waardoor een meer gelijkmatige verdeling van het daglicht optreedt en het verlichtingsgebruik omlaag kan.

Door PV panelen in een verticale oost-west opstelling te plaatsen wordt gespreid over de dag en seizoenen gelijkmatiger energie geoogst. De PV panelen zijn namelijk geplaatst op een verstelbaar rek waarmee de hoek van elk paneel kan worden ingesteld. De uiteindelijke 3D opstelling zorgt ervoor dat er effectief bijna evenveel panelen op het dak kunnen worden geplaatst als zonder daklichten. Op gebouwniveau wordt zo voldoende opgewekt om in 40 jaar het hele gebouw CO₂-neutraal te maken.

Ook voor natuurlijke ventilatie is rekening gehouden met de oriëntatie en heersende windrichtingen. De heersende luchtstroom van zuidwest naar noordoost zorgt ervoor dat lucht door overdruk makkelijk de wintertuin en labyrint op zuid binnenstroomt. Vervolgens wordt via thermische trek de lucht naar de zonneschoorsteen in de nok van het dak aan de



Figuur 1: Conceptuele schema's die de duurzaamheidsprincipes uitleggen (beeld: Broekbakema).

wordt de lucht via het centrale lucht-behandelingssysteem gebruikt om het pand op een natuurlijke wijze te verwarmen. Ook kan door middel van elektrische deuren de wintertuin in open verbinding staan met het atrium, om zo extra warmte naar het atrium toe te voeren. Het ruwe klimaat van de wintertuin zorgt voor een welkome afwisseling van de geklimatiseerde ruimten binnen: een ideale plek om te lunchen of even koffie te drinken zonder naar buiten te hoeven.

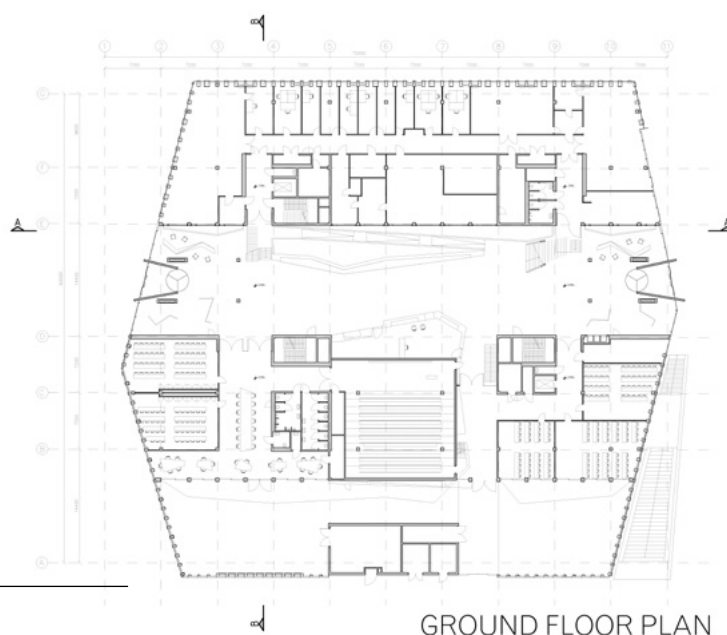
noordzijde gezogen; deze thermische trek wordt versterkt doordat de zonneshoorsteen zich in het hoogste punt van het gebouw bevindt. Ten slotte zijn simpele windkappen bijna onzichtbaar in de zonneshoorsteen opgenomen om de trek nog verder te versterken. Dit alles zorgt ervoor dat, ongeacht windrichting, er altijd negatieve druk kan ontstaan in de nok van het gebouw. Indien dit toch niet het geval is, zijn er back-up ventilatoren aanwezig om de lucht toch het gebouw uit te trekken.

Labyrint met Wintertuin

De wintertuin op zuid dient als inlaat tot het labyrint en als bijzondere semi-open buitenruimte. Lucht die in de winter het labyrint binnenstroomt wordt hier voorverwarmd, terwijl in de zomer de wintertuin in verbinding staat met buiten en dankzij de vegetatie binnen extra wordt gekoeld: als 1/3^e van de wintertuin gevuld is met planten dragen deze via adiabatische koeling bij tot ongeveer 1/5^e van de koeling van de ruimte. In de praktijk kan zo tot 3 °C aan koeling worden behaald. Afhankelijk van de beschikbare warmte in de wintertuin

Een betonnen gangenstelsel met een lengte van bijna 200m kronkelt vanaf de wintertuin onder het gebouw langs het centrale atrium naar de noordgevel. Enkel het atrium en de kantoren aan de noordzijde worden door het labyrint geventileerd. In de winter wordt de voorverwarmde ventilatielucht uit de wintertuin via het labyrint verder verwarmd tot 10 °C en naar het atrium en de kantoren gebracht. In de zomer koelt het labyrint de frissere directe buitenlucht juist tot ongeveer 15 °C. Gemiddeld biedt het labyrint de mogelijkheid de toegevoerde lucht met ongeveer 5 °C te koelen of te verwarmen. De temperatuur van de aarde wordt

Figuur 3: De plattegrond van de begane grond (beeld: Broekbakema).



Figuur 2: Klimaatdoorsnede van de Energy Academy (beeld: Broekbakema) samen met een snapshot uit het gebouw beheerssysteem (beeld: Peter Hartman).

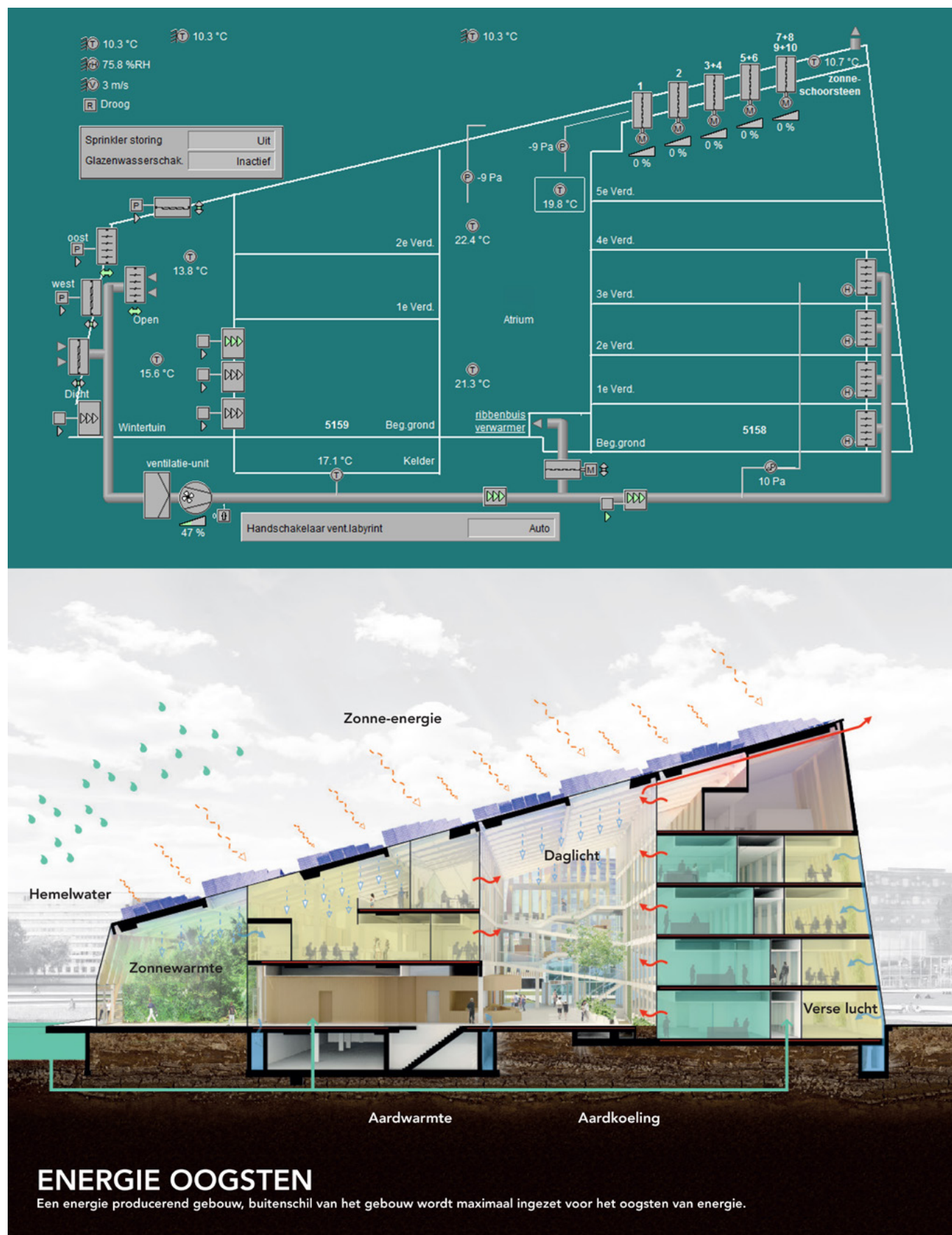




Foto 2: De wintertuin op zuid: niet alleen een klimaatfunctie maar ook ruimtelijke beleving (foto: Ronald Zijlstra).

hierbij optimaal benut doordat de lucht met een relatief lage snelheid van gemiddeld 1 m/s door het labyrint wordt geduwd. Dit gebeurt dankzij een frequentiegestuurde ventilator die op een constant drukverschil van 10 Pa tussen de toevoerschachten en verkeersruimten stuurt. Het laagste drukverschil per verdieping is hierbij maatgevend voor de stand van de ventilator.

Het leuke is dat je door het labyrint heen kunt lopen. Het gangenstelsel is bewust drie meter hoog en een meter breed gemaakt, als een wandelpad. Je voelt de trage koele lucht langs je heen stromen. Onder de noordgevel kun je de aftakkingen vanuit het labyrint naar de gevelschachten met eigen ogen zien. Het is echter niet enkel belevingswaarde: de beloopbaarheid van het labyrint is een eis om het voor onderhoud toegankelijk te maken. Door de lage luchtsnelheid is het voldoende om enkel nabij de toevoer het labyrint schoon te maken, terwijl een G4 filter voorkomt dat ongedierte het labyrint in kan komen.

De ramen in de gevel en het dak van de wintertuin gaan open wanneer de temperatuur boven 25°C komt of onder de 20°C zakt. Het atrium wordt geventileerd met lucht uit het labyrint indien de lucht koeler is dan 12°C en de temperatuur bovenin de wintertuin hoger is dan 22°C. Indien de lucht uit het labyrint warmer is dan 15°C of

het atrium kouder is dan 20°C stopt de luchttoevoer naar het atrium. Meet- en regeltechniek wordt zo slim benut om passieve maatregelen aan te sturen.

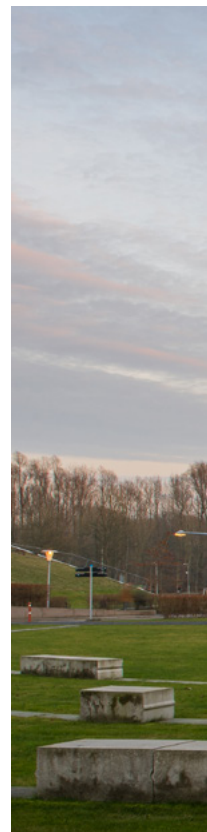
Gevelschachten

Naar de kantoren aan de noordgevel wordt verse lucht via zeven glazen gevelschachten toegevoerd. Hooggeplaatste schuifroosters in de vertrekken voorkomen tocht en zijn individueel regelbaar. Het drukverschil tussen schachten en kantoren is maximaal 5 Pa, waardoor de instroom van verse lucht niet belemmerd wordt, zoals meestal wel het geval is bij gewone ramen in een noordgevel. Zo kan nagenoeg het gehele jaar door natuurlijk geventileerd worden. De gevelschachten hebben aan de bovenzijde kleine openingen naar buiten, zodat stilstaande lucht wordt voorkomen.

Zonneschoorsteen

Vanuit de kantoren, laboratoria en onderwijsruimten wordt de lucht overgestort op het atrium en afgevoerd middels een zonneschoorsteen. Dit gebeurt wanneer de buitentemperatuur hoger is dan 10°C: dan wordt er namelijk effectief geen warmte meer teruggewonnen in de LBK omdat de ventilatorenergie de extra verwarmingsenergie overstijgt. Indien warmteterugwinning vereist is, wordt vanuit de overstort in het atrium de lucht weer aangezogen naar de LBK's.

Voor de natuurlijke trek is een bijzondere zonneschoorsteen ontworpen in de nok van het dak van de noordvleugel. Daklichten verwarmen de lucht in deze grote zwarte doos van 1 meter hoogte. Doordat luchtroosters in de schoorsteen boven het dak uitsteken, helpt ook de zuidwestenwind een handje mee. De klepsturing van



de zonneshoorsteen zorgt ervoor dat bij overdruk in het atrium de klep opengaat, terwijl vanaf 3 Pa onderdruk de zonneshoorsteen sluit. Op natuurlijke wijze wordt zo de lucht via het atrium naar buiten afgevoerd, uiteraard met een back-up ventilator, voor het geval de zon en wind het tijdelijk af laten weten. Bij veel zoninval kan de afzuiging echter volledig worden uitgeschakeld zodat lucht natuurlijk kan worden toe- en afgevoerd.

Back-up installaties

Hoewel het gebruik van passieve technieken de energievraag vermindert, kan het in extreem koude of warme periodes ook voorkomen dat de natuurlijke middelen niet voldoen. Daarom zijn in het gebouw back-up installaties meegenomen die kunnen bijspringen wanneer de natuurlijke middelen niet voldoen.

Voor alle onderwijs- en kantoorruimten is daarom betonkernactivering toegepast als basisverwarming/koeling. Dit trage systeem is gecombineerd met CO₂-gestuurde ventilatie met verwarming en koeling voor individuele regeling per ruimte. Alle ruimtes staan op overdruk en kunnen indien gewenst individueel geklimatiseerd worden. Bij deze regeling worden gebruikers met een icoontje er op

aangewezen of ze bewust bezig zijn met hun energie. Zo kunnen gebruikers dankzij lokale regeling van temperatuur en luchtkwaliteit bewuste keuzes maken over hun energiegebruik. Koude en warmte wordt gegenereerd middels een WKO systeem dat daarmee zeer hoge efficiëntie biedt voor de lage temperatuur systemen in het gebouw. Door het atrium als overstort en 'retourkanaal' te gebruiken blijft warmteterugwinning mogelijk, terwijl wordt bespaard op benodigd kanaalwerk.

Reflectie

De oplossing in de Energy Academy Europe is nadrukkelijk niet een eindstap, maar een hybride tussenstap. Het gebruik van klimaatzones, natuurlijke bronnen, (semi)passieve technieken en het zichtbaar maken van duurzaamheid zijn aspecten die langzamerhand steeds gewoner worden. Ook het gebruik van gebouwbeheersystemen om (semi)passieve elementen aan te sturen zoals deuren, kleppen en ramen dragen bij tot het reduceren van het gebruik van actieve installaties. Daartegen staat dat opdrachtgevers vaak toch eieren voor hun geld kiezen en zo onnodig veel (back-up) techniek wordt ingebouwd. Dat is ook wat Peter Hartman (RUG: beheer en regeltechniek) terugkijkend op de Energy Academy waarneemt: "We moeten als opdrachtgever in de PvE fase veel minder capaciteit vragen. Er worden te veel zogenaamde zekerheden ingebouwd, wat in de praktijk in ons nadeel werkt. Nu lopen we er tegenaan dat we overcapaciteit hebben en veel energie verbruiken. Je kunt beter minder capaciteit installeren en later bijplaatsen, indien echt nodig." Zo had in het geval van de Energy

Foto 3: Noordgevel van de Energy Academy met de zonneshoorsteen zichtbaar op de nok (foto: Egbert de Boer).

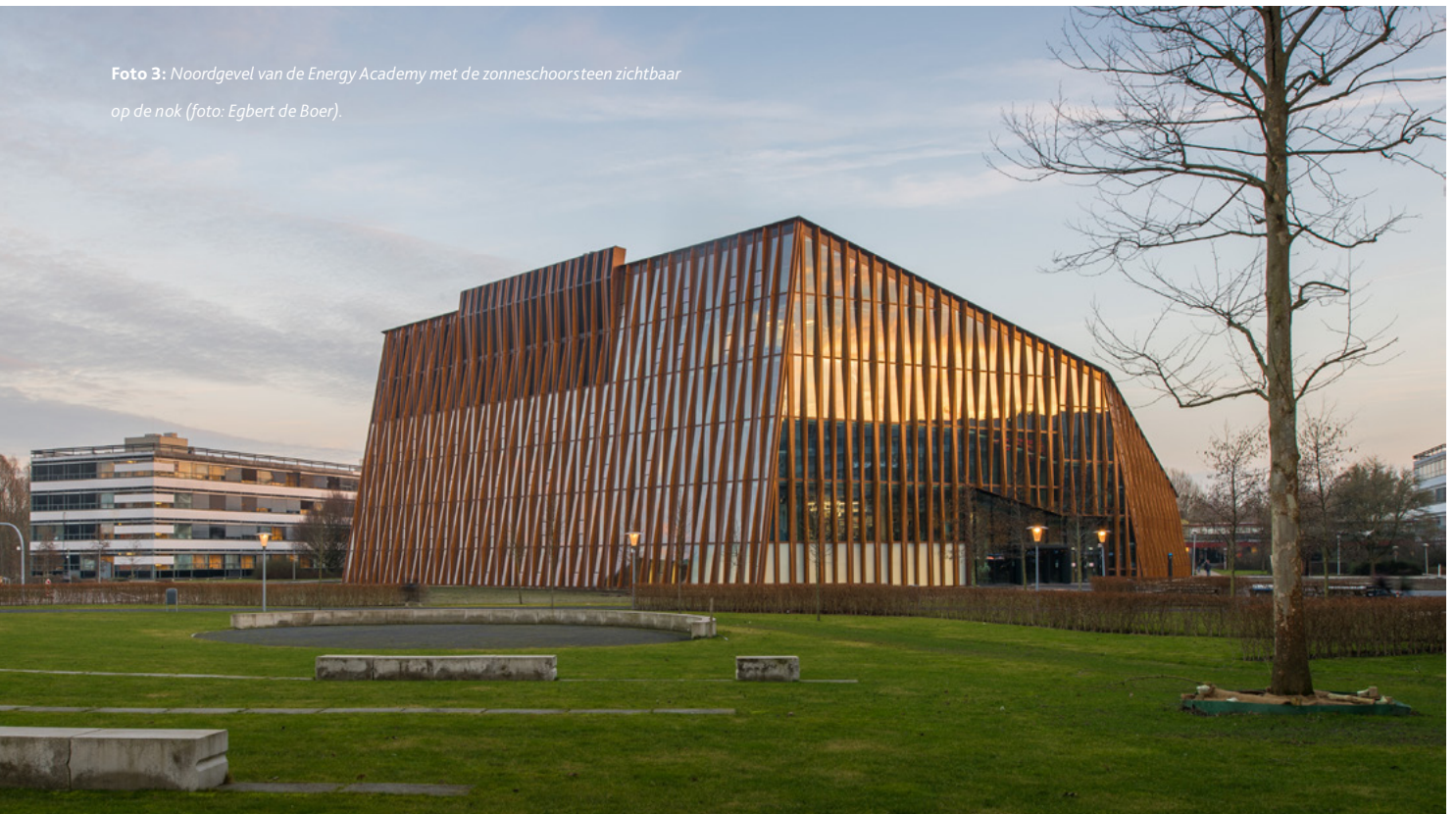


Foto 4: Het atrium van de Energy Academy
(foto: Ronald Zijlstra).

Academy kunnen worden volstaan met 350kW koelcapaciteit, in plaats van de 1MW die nu geïnstalleerd is. Ook zou het acceptabeler moeten zijn om buiten de standaard comfort-definities te treden: een binnentemperatuur van 24 °C bij een buitentemperatuur van 30 °C zou bijvoorbeeld prima moeten kunnen.

Een andere les is ook de benodigde ventilatie-capaciteit. De volgende stap -het weglaten van installaties- zou wellicht problemen opleveren in ruimten die in korte tijd een hoge ventilatievoud vereisen, zoals onderwijsruimten. Echter, ook voor die ruimten zou simpelere techniek onderzocht kunnen worden: het optimaliseren van directe luchttoevoer vanuit het labrynt, decentrale oplossingen of diffuse ventilatiesystemen. En uiteraard blijft ook de hamvraag of we niet slimmer kunnen ontwerpen met comfort-eisen per ruimte: niet elke ruimte hoeft op dezelfde wijze geconditioneerd te worden namelijk. Zo hebben we bijvoorbeeld in EnTranCe, op loopafstand van de Energy Academy, alle werkplekken omhuld in een multifunctionele omhulling met ruw klimaat, waardoor je met minder energie toch veel vloeroppervlak kan realiseren. Dat vindt ook Peter Hartman: het zou acceptabeler moeten zijn om buiten de standaard comfort-definities te treden en bijvoorbeeld ook in veel ruimtes een warmere of koudere temperatuur toe te staan.

Naar een natuurlijke architectuur

Er is dus nog wel een stap te gaan naar installatielose gebouwen. De Energy Academy is echter als tussenstap wel de ideale aanleiding voor een vervolg. Dat is ook de mening van Jean Frantzen van DGMR, die voor de Energy Academy de BREEAM assessment heeft gedaan: "Het beste van dit ontwerp is dat de probleemstelling zo goed is geformuleerd en opgepakt. De energievraag is daadwerkelijk veel lager dan in andere (zogenamd duurzame) gebouwen. Het labrynt met wintertuin en zonneshoorsteen werken gewoon goed. Dit biedt voldoende aanleiding voor



vervolgonderzoek." Vanuit het hoger onderwijs zou daarom bijvoorbeeld veel meer aandacht moeten komen voor ventilatie, zowel natuurlijk als mechanisch. Het is ten slotte een onderwerp dat architecten, werktuigbouwkundigen en opdrachtgevers zowel tijdens ontwerp als in gebruik constant weer tegenkomen.

Om een volgende stap in duurzaamheid naar minder en robuustere techniek te verwezenlijken moet daarom duurzaamheid een duidelijk zichtbaar deel van het ontwerp worden met kwantificeerbare voordelen. Het is ten slotte essentieel dat de voordelen van minder techniek en slimmer ontwerp voor opdrachtgevers 'natuurlijk' (vanzelfsprekend) wordt. Enkel dan kan een vervolgstap uitgroeien van niche-project naar 'het nieuwe normaal'. Daarom hebben wij als architecten en werktuigbouwkundigen de taak om een goed en degelijk ontwerp neer te zetten wat hoog comfort en gebruiksgemak combineert met lage investerings- en gebruikskosten.

Hierbij zal het ontwerpen met natuurlijke elementen zoals bij de Energy Academy een essentieel concept zijn. Waarom zouden we ten slotte niet gebruiken wat reeds voorhanden ligt? Waarom zouden wij -als ontwerpende architecten en ingenieurs- ons moeten laten leiden door bestaande installatietechnieken of geldende conventies? Waarom niet gewoon goed ontwerpen waardoor überhaupt weinig hoeft te worden gecorrigeerd met installaties, die daardoor juist meer tot hun recht zouden kunnen komen? Door slim functies te oriënteren en de invloed van de gebruiker op de ruimten en andersom te begrijpen kunnen we een natuurlijke architectuur creëren waarin duurzaamheid zichtbaar wordt, die beter functioneert, een aangename klimaat heeft en meer daglicht en belevingswaarde biedt. Door natuurlijke elementen écht te benutten -zon, water, lucht, aarde- kunnen we gebouwen maken die een positieve invloed hebben op mens en milieu. Zo maken we integraal slimmere architectuur die uiteindelijk leidt tot een écht duurzame gebouwde omgeving.

Met veel dank aan Jean Frantzen (DGMR) en Peter Hartman (RUG) die met hun expertise hebben bijgedragen aan dit artikel.