



Energiebesparing met geïntegreerde concepten

Klimaatactieve bouwelementen

In het denken over klimaatbeheersing en energiebesparing in gebouwen tekent zich een nieuwe richting af die de ontwikkeling in gebouwen de komende jaren nadrukkelijk zal bepalen. Gebouwen worden 'intelligenter', er vindt een integratie plaats van installaties met het gebouw en eisen veranderen. Met klimaatactieve bouwelementen wordt geprobeerd actief en zoveel mogelijk met de natuurlijk aanwezige omstandigheden een goed binnenklimaat te realiseren voor de gebruiker. Dit met een zo laag mogelijk energieverbruik.

- 1 Het Energon in Ulm, het grootste passiefkantoor ter wereld, kent een intelligent ventilatieconcept
- 2 Energiestromen worden geweerd, doorgelaten, opgeslagen of omgeleid
- 3 Klimaatactieve bouwelementen (RBE's) worden actief gebruikt voor de overdracht en opslag van warmte, licht, water en lucht

Steeds vaker wordt niet langer uitgegaan van stringente en binnen nauwe bandbreedte gedefinieerde klimaateisen. In plaats daarvan wordt gebruikgemaakt van adaptieve criteria, waarbij ruimere en meer fluctuerende eisen worden gesteld afhankelijk van omstandigheden en de beïnvloedingsmogelijkheden van de gebruiker. Daarnaast worden gebouwen en gebouwcomponenten dynamischer en 'intelligenter'. Tot slot is er een duidelijke integratie gaande van bouwkundige componenten en technische installaties; er is niet langer een strikte scheiding tussen bouwkunde en installatietechniek. Deze ontwikkelingen openen een wereld van mogelijkheden voor nieuwe constructies, de zogeheten Klimaatactieve Bouwelementen, of Responsive Building Elements (RBE's). In het kader van IEA-ECBCS Annex 44 'Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings' [1] is hier de afgelopen 4 jaar onderzoek naar gedaan.

Responsive Building Elements

In een adaptief gebouw moet een optimum worden gevonden tussen de soms tegenstrijdige eisen van energieverbruik, gezondheid en comfort. Vanuit energiebesparing is de laatste jaren de neiging het gebouw af te sluiten van de omgeving en een zeer goed isolerende schil tussen het wisselende buitenklimaat en het 'stabiele en constante' binnenklimaat te realiseren. Vanuit het oogpunt van het menselijk welbevinden is echter de aanpak gebouwen 'open' te maken. Naar wens van de gebruiker is hierbij (gedoseerd) toegang tot licht, lucht en warmte van buiten mogelijk. De overgang tussen de binnenruimte en de omgeving wordt hierbij een min of meer hybride zone, waarmee actief wordt ingespeeld op de wisselende omstandigheden. De energiestromen worden hierin niet langer alleen geweerd, maar ook doorgelaten, opgeslagen of omgeleid (fig. 2). Dit alles afhankelijk van de omstandigheden, het energiebesparingspotentieel en het gewenste binnenklimaat. Hierbij wordt ernaar gestreefd de energiestromen tussen buiten en binnen zodanig te sturen dat een optimum wordt bereikt tussen energieverbruik, comfort en gezondheid.

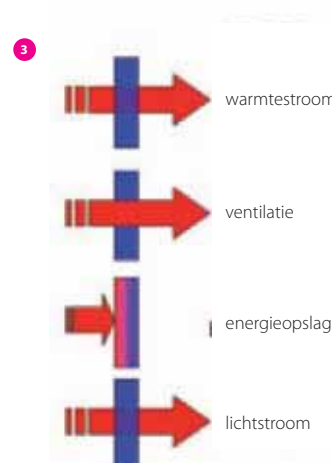
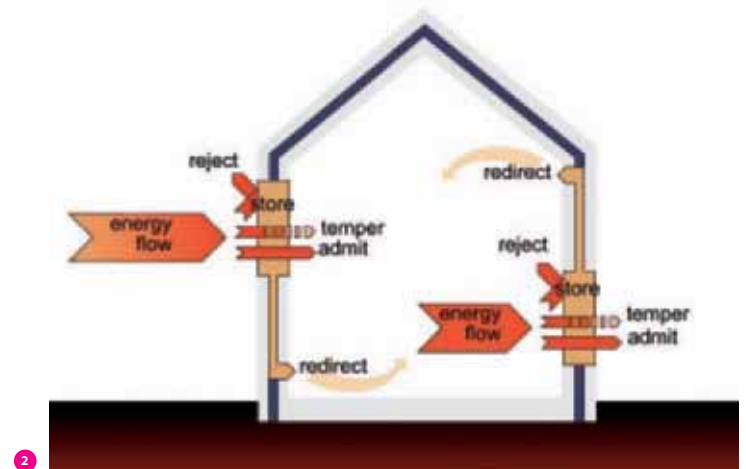
RBE's worden actief gebruikt voor de overdracht en opslag van warmte, licht, water en lucht (fig. 3). De definitie van RBE is in het kader van IEA Annex 44 als volgt gedefinieerd:

Responsive Building Elements are building constructions that assist to maintain an appropriate balance between optimum interior conditions and environmental performance by reacting in a controlled and holistic manner to changes in external or internal conditions and to occupant intervention.

Classificatie van RBE's

De energiestroom van buiten naar binnen en vice versa kan worden beïnvloed door in te grijpen aan het oppervlak of het interne van een constructie. Dit kan door energie toe te voegen of te onttrekken of door de materiaaleigenschappen te wijzigen. Dit heeft geleid tot een classificatie naar de volgende categorieën RBE's, waarbij sommige bouwelementen uiteraard meerdere functies in zich kunnen hebben:

- RBE's met interventie aan het oppervlak van de constructie
Door de condities aan of langs het oppervlak van een



- 4 Classificatie van Responsive Building Elements naar respons en bouwcomponent
- 5 Een geïntegreerd gebouwconcept wordt gevormd door de integratie van het architectonische gebouwconcept, het constructieve gebouwconcept en het energetische gebouwconcept
- 6 De Trias Energetica, uitgebreid met de technologieën die kunnen worden toegepast afhankelijk van de ontwerpfase waarin men zich bevindt

constructie te wijzigen verandert het fysische gedrag van de constructie. Mogelijkheden hiertoe zijn bijvoorbeeld het afschermen of isoleren van een constructie met een (isolerend) paneel waarmee een betere isolatie wordt gerealiseerd, door een medium (water of lucht) langs het constructieoppervlak te laten stromen of door een absorberende of reflecterende laag toe te voegen aan het oppervlak. Uiteraard wordt deze actie uitgevoerd in respons op de wisselende omstandigheden. Hierbij kan worden gedacht aan luiken voor ramen te sluiten in die perioden dat geen uitzicht noodzakelijk of gewenst is ('s nachts). Dit om de warmte-isolatie van het raam te vergroten.

– *RBE's met een interventie in de constructie*

Bij een interne interventie wordt ingegrepen in de energiestromen in de constructie door aan de constructie energie toe

te voegen, te onttrekken of op te slaan. De inmiddels al op redelijke schaal toegepaste betonkernactivering is daar een goed voorbeeld van. Er zijn echter meer toepassingen denkbaar waarbij wordt geïntervenieerd in de energiehuishouding van een constructie.

– *Warmtefluxgerelateerde RBE's*

Warmtefluxgerelateerde RBE's hebben een dynamische of variabele isolatie, afhankelijk van de omstandigheden die zich voordoen. Voorbeelden zijn gevels met een dubbele huid en variabele isolatie.

RBE		fysisch gedrag					
		interventie aan het oppervlak	interventie in de constructie	geleiding	opslag	lichtdoorlatendheid	luchtdoorlatendheid
component	element						
gebouwschil	wand						
	dak						
	plafond						
	venster						
hoofdraagconstructie	kolom/balk						
	dragende wand						
	dragende vloer						
draagconstructie	palen						
	funderingsbalken						
funderingsconstructie	bodemwarmte-wisselaars						
afwerkingen	scheidingswand						
	vloer						
	plafond						

– Lichtflux gerelateerde RBE's

Lichtflux gerelateerde RBE's hebben een variabele (adaptieve) lichtdoorlatendheid. Voorbeelden zijn elektro-chromatische beglazing, die onder invloed van een elektrische spanning van kleur verandert en daarmee het licht meer of minder doorlaat.

– Ventilatiegerelateerde RBE's

Ventilatiegerelateerde RBE's hebben een variabele (adaptieve) luchtdoorlaatbaarheid (permeabiliteit). Voorbeelden zijn geventileerde gevels en zogenoemde dynamische isolatie, waarbij lucht met een heel lage snelheid door poreus isolatiemateriaal het gebouw binnenstroomt.

– Energie(warmte)opslag gerelateerde RBE's

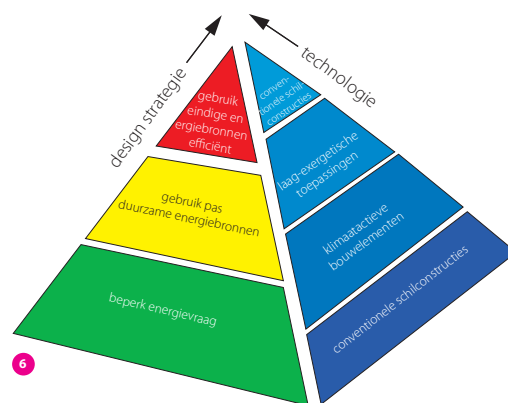
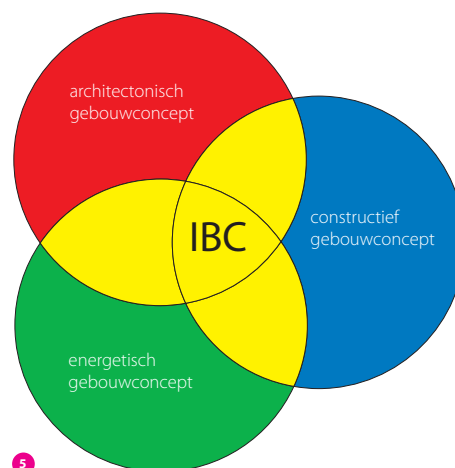
Energieopslag gerelateerde RBE's hebben een capaciteit voor het opslaan van (thermische) energie in perioden met overtollige warmte of koude en om deze energie weer af te geven in periodes met een verwarmings- of koudevraag. Voorbeelden zijn bodemopslagsystemen, thermische-massa-activering, en grondbuisventilatie, waarbij de ventilatielucht door buizen die in de grond zijn gelegen, wordt voorverwarmd of voorverkoeld (foto 1).

In het kader van IEA Annex 44 is gewerkt aan een classificatietabel waardoor inzicht ontstaat in bouwconstructieonderdelen en hun potentie als klimaatactief bouwelement (fig. 4). Hierin is door middel van een pictogram een suggestie gedaan van een mogelijke actie. Daar waar geen pictogram is ingevuld lijkt een responsieve actie voor het betreffende constructieonderdeel niet nuttig. Zo zal de variatie van de transparantie van de fundering van een gebouw weinig zinvol zijn, maar in de gevel wel. Het aantal mogelijkheden is beduidend groter dan alleen de suggestie die door het pictogram per bouwelement wordt aangegeven. Met de figuur wordt echter wel een richting aangegeven voor mogelijk te ontwikkelen RBE's.

Het ontwerpen van gebouwen met klimaatactieve bouwelementen

Het feit dat gebouwen in toenemende mate energiezuiniger worden, betekent dat zaken niet meer los van elkaar kunnen worden ontworpen, maar sprake is van integrale concepten. Dit betekent ook een steeds verdergaande integratie van bouwkunde en installatietechniek. Nu heeft iedere discipline in het ontwerpproces zo zijn eigen definitie van een integraal concept. Een geïntegreerd gebouwconcept omvat niet alleen het energetische aspect maar alle bouwtechnische aspecten (architectuur, gevels, structuur, functie, brand, akoestiek, materialen, energiegebruik, binnenklimaatkwaliteit etc.) en wordt gevormd door de integratie van (fig. 5):

- het architectonische gebouwconcept;
- het constructieve gebouwconcept;
- het energetisch en klimaat gebouwconcept.



Dit betekent ook voor het ontwerpen van gebouwen van de toekomst dat in toenemende mate sprake moet zijn van een nauwe samenwerking en integratie van de verschillende ontwerpdisciplines vanuit architectuur, constructie, installaties en bouwfysica.

Het geïntegreerde ontwerpproces

Het traditionele ontwerp

Het ontwerpproces, dat eerst plaatsvond door één architect die alle ontwerpdisciplines onder zijn hoede had, heeft zich ontwikkeld tot een versnipperd en sequentieel proces dat wordt uitgevoerd door een aantal afzonderlijke specialisten, ieder werkend vanuit zijn eigen discipline.

Deze manier van werken leidt vaak tot oplossingen die gericht zijn op het aanpassen en corrigeren van 'ontwerpfouten' van het architectonisch ontwerp. Vandaag de dag staat de bouwnijverheid aan het begin van een opgave om het ontwerpproces opnieuw uit te vinden dat in gebruik was voordat de klimaatinstallatie werd geïntroduceerd. Daarom is een geïntegreerde en gestructureerde aanpak met meer interactie en samenwerking,

duidelijke doelstellingen en kwaliteitcontrole nodig om het ontwerpproces tot een succesvol einde te brengen. Alleen een vroege interactie tussen alle betrokken ontwerpdisciplines leidt tot een gebouw met een laag energiegebruik en met een goed binnenklimaat bij het toepassen van de architectonische en constructieconcepten.

Het geïntegreerde ontwerp

Bij het geïntegreerde ontwerp worden ontwerpteams gevormd, met zowel architecten als ingenieurs, en ontwikkelt het bouwproces zich in een iteratief proces van conceptuele ontwerpideeën tot aan het definitieve eindontwerp. Het energiegebruik en hoeveelheid benodigde klimaatinstallaties kunnen in een modern gebouw niet meer worden teruggebracht zonder toepassing van geavanceerde technologieën en alleen met een effectieve integratie van het architectonisch en klimaatontwerp. In het geïntegreerde ontwerpproces is de deskundigheid van de ingenieurs vanaf het begin van het voorontwerp beschikbaar waardoor de architectonische en klimaatontwerpen op het zelfde moment kunnen worden ontwikkeld als de conceptontwerpideeën.

Doordat de deelnemers hun ideeën en hun technische kennis zeer vroeg en collectief delen worden de energie- en materiaalconcepten niet meer ontworpen als aanvulling op de architectuur, maar als een integraal deel van het gebouw.

Ontwerpstrategie

Om tot een geïntegreerd technisch ontwerp en de ontwikkeling van een Energie en Klimaat Gebouwconcept te komen is het noodzakelijk eerst de juiste ontwerpstrategie vast te stellen en toe te passen.

In de eerder genoemde Annex 44 is de ontwerpstrategie gebaseerd op de 3-stappenbenadering volgens de Trias Energetica. De Trias Energetica is overigens verder uitgebreid met de technologieën die kunnen worden toegepast afhankelijk van de ontwerpfase waarin men zich bevindt (fig. 6). De linkerkant van de piramide illustreert de ontwerpstrategieën volgens de Trias Energetica. Aan de rechterkant geeft de figuur een overzicht van de technische oplossingen in elk van de stappen. Hierbij wordt duidelijk dat in de ontwerpbenadering volgens de Trias Energetica allereerst wordt begonnen met het toepassen van conventionele vraagbeperking en dat als tweede stap klimaatactieve bouwelementen worden toegepast. Die vallen echter zowel in de eerste stap 'vermindering van de energiebehoefte' als in de tweede stap 'toepassing van duurzame energiebronnen'.

LITERATUUR

- 1 IEA-ECBCS Annex 44 'Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings'
- 2 Brownell, B, Transmaterial 2: 'A catalog of materials that redefine our physical environment'. Princeton Architectural Press

Klimaatactieve bouwelementen in beton?

Duidelijk is dat er de komende jaren een ambitieuze opgave ligt om echte stappen te zetten in het energiezuiniger maken van de gebouwde omgeving. Aan deze opgave moeten alle disciplines een bijdrage leveren: de ontwerpende partijen, de uitvoerende partijen en de toeleveringsindustrie. De traditionele manier van het treffen van energiebesparingsmaatregelen kent daarbij zijn begrenzings. Door de ontwikkeling van nieuwe technieken kan een volgende stap worden gemaakt. Ook voor betonconstructies ligt er op dit gebied nog een wereld open en zijn er nog genoeg uitdagingen. Is het bijvoorbeeld mogelijk door de toevoeging van bepaalde hulpstoffen aan het beton, de eigenschappen ervan zodanig te veranderen dat de constructie eigenschappen krijgt die nuttig kunnen worden ingezet bij energiebesparing? Hierbij kan worden gedacht aan het veel verder verhogen van de thermische capaciteit, het beïnvloeden van de warmtestroom of de doorlaatbaarheid. Is het mogelijk de poreusheid van beton gecontroleerd te benutten en betonconstructies in te zetten als dynamische isolatie? Ook in dit opzicht ligt er nog een wereld aan nieuwe mogelijkheden open. Degenen die zich daartoe aange trokken voelen kunnen zich laten inspireren door ontwikkelingen zoals lichtdoorlatend beton, luchtreinigend, geluidabsorberend beton die worden beschreven in [2].

De toepassing van betonkernactivering is in een toenemend aantal projecten een optie en wordt vooral in de utiliteitsbouw regelmatig toegepast. Het aantal toepassingsmogelijkheden is echter ruimer en ook op dat vlak valt nog het nodige te ontwikkelen. Zo zijn diverse leveranciers van prefab-betonvloeren bezig hun systeem verder te optimaliseren, zodat ook slagen worden gemaakt in de productiekosten en de montage-tijd. Daarnaast zijn er in het buitenland ontwikkelingen gaande waar we van kunnen leren, zoals de toepassing van grondbuiskanalen die in de bodem zijn gelegd en waardoor lucht wordt geleid om voorgekoeld of voorverwarmd te worden. Een toepassing die in Nederland nog niet of nauwelijks zijn intrede heeft gedaan. Al met al voldoende kansen en uitdagingen.

Tot slot

Duidelijk is dat ook het ontwerpproces van de komende tijd vraagt om een verdere integratie van disciplines en benaderingen om te komen tot werkelijke stappen naar verdergaande energiezuinige concepten. Het realiseren van een energiezuinig gebouw met een goed binnenklimaat is zeker niet alleen de opgave van de klimaatadviseur, maar vraagt betrokkenheid en bijdrage van alle disciplines in het ontwerpproces. ☒