



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

# Kennis over duurzame gebouwen en hun gebruikers

*Een overzicht van studies in het kader van de Energie Onderzoeksubsidie Lange Termijn (EOS LT)*

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken.



>> Duurzaam, Agrarisch, Innovatief en Internationaal Ondernemen



## Inleiding

# *Vijf jaar onderzoek naar duurzame gebouwen en hun gebruikers*

**Meer innovatie voor een duurzame energiehuishouding. Dat was het doel van het innovatieprogramma Energie Onderzoek Subsidie (EOS). Dit subsidieprogramma werd in 2007 ontwikkeld door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl, toen nog SenterNovem), in opdracht van het ministerie van Economische Zaken. Met EOS stimuleerde de rijksoverheid een groot aantal onderzoeken rond verschillende thema's binnen energie-innovatie. Deze publicatie geeft een overzicht van de langetermijn-onderzoeken binnen het thema 'duurzame gebouwen en hun gebruikers'.**

De onderzoeken die binnen EOS ondersteund zijn, besloegen een breed maatschappelijk terrein en diverse aandachtsgebieden, waaronder fotovoltaïsche zonne-energie, duurzame biomassa en energie in de gebouwde omgeving. Daarnaast had EOS twee programmalijnen: 'Demonstratie' en 'Lange Termijn Onderzoek' (LT). De onderzoeken in deze publicatie vallen onder het thema 'energie in de gebouwde omgeving' en in de programma-lijn LT. Hierbij deed men onderzoek naar de gebouwen zelf, bewoners/gebruikers en duurzame gebiedsontwikkeling. Deze publicatie ontsluit, zoals aangegeven, de opgedane kennis rond gebouwen en bewoners/gebruikers. De kennis rond duurzame gebiedsontwikkeling is gebundeld in de eerdere publicatie ['Kennis over energie-neutrale gebiedsontwikkeling'](#).

In EOS Lange Termijn stond nieuwe energietechnologie centraal. Het ging om fundamenteel onderzoek hiernaar. De resultaten moeten op lange termijn bijdragen aan een duurzame energiehuishouding en de kennispositie van het Nederlandse energieonderzoek versterken. In 2011 is het programma EOS stopgezet en vervangen door de Innovatieagenda van de Topsector Energie en de daarbij horende subsidieregelingen. Ook de Topsector Energie heeft aandacht voor het innovatiethema 'energie in de gebouwde omgeving'. Binnen de Topsector is hiervoor het Topconsortium Kennis en Innovatie 'Energiebesparing in de gebouwde omgeving' opgericht: TKI-EnerGO. Najaar 2015 is deze TKI samengegaan met twee andere TKI's (Solar en Smart Grids) onder de naam Urban Energy.



### Negen studies naar duurzame gebouwen en hun gebruikers

Deze publicatie ontsluit de kennis uit de negen EOS LT-studies naar het energieneutraal maken van gebouwen en het gebruik van die gebouwen. Deze studies waren gericht op vergaande reductie van het energiegebruik beperking van de CO<sub>2</sub>-uitstoot op (woon)gebouwniveau en de invloed van de gebruikers/bewoners daarop. Niet alle kennis is op korte termijn inzetbaar. Toch is het belangrijk dat deze vindbaar is voor iedereen die er in de praktijk mee aan de slag wil of die de kennis op een nog hoger niveau wil brengen. Het gaat om de onderstaande negen studies:

#### 1. Woning als energieleverend systeem (WAELS)

Het doel van WAELS was aan te tonen dat een energieleverende woning in de toekomst tot de mogelijkheden behoort. Men deed onderzoek naar de ontwikkeling van een bouwsysteem, de efficiënte omzetting van zonlicht en naar compacte warmteopslag. In dit project werkten ECN, TNO en TU Eindhoven samen.

#### 2. RIGOUREUS Renovatieconcepten voor 75 procent energiebesparing

Doel van RIGOUREUS was het ontwikkelen van innovatieve renovatieconcepten voor naoorlogse rijtjeswoningen. Hierbij wilde men het totale (primaire) energieverbruik verlagen met 75 procent, inclusief huishoudelijk elektriciteitsgebruik. Men keek daarbij naar

kansen en belemmeringen die woningeigenaren ondervinden bij renovaties en de motieven die hen kunnen doen besluiten tot een duurzame renovatie.

Belangrijkste onderzoeksgebieden waren:

- nationale en internationale ontwikkelingen;
- het renovatieproces;
- beslissingsmodellen voor corporaties en eigenaar-bewoners;
- renovatieconcepten.

In dit project werkten ECN, TNO, DHV en TU Delft samen. (RIGOUREUS staat voor: Renovatie-Innovatie in de Gebouwde Omgeving & Reductie Energiegebruik door Unieke Systeemintegratie.)

#### 3. Earth, Wind & Fire (EW&F): Naar nieuwe Concepten voor Klimaatregeling van Gebouwen

Klimaatbeheersing van gebouwen (verwarmen, koelen en ventileren) vraagt veel (hulp)energie en veel installatietechniek. Doel van EW&F was het ontwikkelen van een gebouwconcept met een gezond, behaaglijk en productief binnenklimaat.

Men wilde de installatie tot een minimum beperken zijn, het energiegebruik drastisch terugbrengen en de resterende energievraag door het gebouw zelf laten opwekken. Daarbij moeten architectuur, bouwmasse, constructies en klimaatvoorzieningen zo samenwerken, dat een bouwwerk een klimaatmachine wordt, geactiveerd door zon, wind, geothermische energie en zwaartekracht, met behoud van architectonische en

functionele kwaliteiten. Kortom, 'airconditioning zonder ventilatoren'.

Het onderzoeksproject Earth, Wind & Fire deed onderzoek naar:

- de zonneshoorsteen;
- natuurlijke ventilatie en wind;
- geo-klimaatconcept;
- het binnenmilieu (symbiose van architectuur en klimaattechniek).

De samenwerkende partijen waren TU Delft, de TU Eindhoven en Peutz.

#### 4. Using Smart Agents and Domotics to conserve energy in homes (USAD)

Huishoudelijke en elektronische apparatuur in Nederlandse woningen heeft een substantieel aandeel in het energiegebruik. Doel van USAD was het ontwikkelen van een domotica- en feedbacksysteem dat aansluit op de slimme meter en zorgt voor acht procent gasbesparing en vijftien procent elektriciteitsbesparing. Onderdeel waren Smart Agents: elektronische voorzieningen in de vorm van gerobotiseerde interfaces of displays die gebruikers helpen bij het nemen van beslissingen. Belangrijkste onderzoeksgebied is het combineren van psychologische en technische aspecten.

De samenwerkende partijen in dit project zijn de Technische Universiteit Eindhoven, Maastricht University en Stichting Smart Homes.



### 5. Duurzame projectontwikkeling gebaseerd op duurzaam bouwen, renoveren en wonen na 2015 (DP 2015)

Individualisering zorgt voor verdere verlaging van de gemiddelde bezetting van woningen. Maar ook binnen een huishouden trekken bewoners zich steeds meer terug in de eigen kamer met tv, pc en verwarming. Dit onderzoek kijkt hoe woning- en renovatieconcepten daarop kunnen inspelen met installaties en besturingssystemen. Zo leveren die alleen het gewenste comfort wanneer een vertrek wordt gebruikt, inspeland op de fysiologische kenmerken van het individu en weeromstandigheden. Zo wordt niet meer energie gebruikt dan strikt noodzakelijk.

Het onderzoek toont aan dat de comfortbehoefte per persoon verschilt, afhankelijk van leeftijd, geslacht, lichaamsgewicht en mate van inspanning. Bewonersprofielen zijn opgesteld om de behoefte zo goed mogelijk te benaderen. Energiebesparing is mogelijk als de woning zich kan aanpassen (adaptief) aan de individuele comfortbehoefte en weersomstandigheden, met zo min mogelijk energiegebruik en zoveel mogelijk duurzame energie. Naast comfort moet de woning voorzien in een gezond binnenmilieu. De ventilatie is een belangrijke factor in het energiegebruik van een woning.

De samenwerkende partijen in dit project zijn de Projectgroep Duurzame Energie Projectontwikkeling Woningbouw (DEPW), Technische Universiteit Delft, Universiteit Maastricht, Technische Universiteit Eindhoven, TNO Ruimte en Infrastructuur, de adviesbureaus Cauberg-Huygen en de Haas & Partners.

### 6. Exergetische systeemaanpak, voor een efficiënte, mensvriendelijke en betaalbare inzet van energie in de gebouwde omgeving (LowEX)

In de gebouwde omgeving gebruiken we hoogwaardige energie voor laagwaardige toepassingen, zoals ruimteverwarming. Het afstemmen van de kwaliteit van energie (exergie) op de kwaliteit van de energievraag kan de inzet van fossiele én hernieuwbare energiebronnen voor gebouwen minimaliseren. Deze afstemming vraagt om interdisciplinaire kennis en toegankelijke methodieken, waarmee ontwerpers, investeerders en gebruikers verbetermogelijkheden en knelpunten kunnen identificeren, kwantificeren en vertalen in integrale ontwerpbeslissingen.

Dit onderzoek richtte zich op het interdisciplinair doorontwikkelen van thermodynamische kennis en toepassing ter onderbouwing van ontwerpbeslissingen en investeringen die bijdragen aan verregaande verduurzaming van de energievoorziening in de gebouwde omgeving. Hierbij gaat het over de hele keten van mens, gebouw en wijk.

In dit project voerden drie technische universiteiten promotieonderzoeken uit rond people, planet en profit:

1. comfort (TU Eindhoven);
2. technische exergieanalyse (TU Delft);
3. financieel (TU Twente).

LowEx droeg ook bij aan de IEA Annex 49: Low Exergy Systems for High Performance Built Environment.

### 7. Façade als Adaptief Comfortverhogend en Energiebesparend Toekomstconcept (FACET)

Door het jaar veranderen de klimatologische omstandigheden én de eisen aan het binnenklimaat. Deze studie ontwikkelde gebouwschilconcepten (op proof of principle-niveau) met variabele thermische en lichtdoorlatende eigenschappen. Doel: energie besparen – voor verwarmen, koelen, luchtverversing en verlichting – en comfort verbeteren.

De FACET-gebouwschil past zich idealiter aan aan veranderende binnen- en buitencondities en aan verschillende gebruiksfuncties: kantoor, school en woning. Met simulatiemodellen kan afgeleid worden wat gedurende het jaar de (variabele) eigenschappen van de gebouwschil idealiter moeten zijn.

Het onderzoek bestond uit vier fasen:

1. het definiëren van scenario's voor binnen- en buitenmilieu;
2. het vaststellen van optimaal fysisch gebouwschilgedrag en theoretisch besparingspotentieel;
3. het ontwikkelen van gebouw(schil)concepten en specificaties van materialen en technologieën;
4. het beoordelen en evalueren van gebouwschilconcepten.

Het project is uitgevoerd door de Technische Universiteit Delft, Technische Universiteit Eindhoven en ECN, Cauberg-Huygen en TNO Bouw en Ondergrond.



### 8. Individu Gerichte Informatie Technologie voor Energiezuinig Wonen (INTEWON)

Het werkelijke energiegebruik in een woning kan een factor 10 afwijken van het genormeerd berekende gebruik. Deze studie keek hoe het werkelijke energiegebruik nauwkeuriger voorspeld kan worden. De genormeerde berekeningsmethoden gaan uit van een gemiddelde bewoner. Inzicht in fysiologische en sociaaleconomische verschillen kunnen een verklaring zijn voor afwijkend gedrag en energiegebruik.

Doel was het door fundamenteel onderzoek categoriseren van bewonersgroepen op basis van fysiologische en sociaaleconomische verschillen, met bijbehorend gebruikersprofiel, waarmee het werkelijke energiegebruik nauwkeuriger voorspeld kan worden. Daarnaast gaf de studie de technische kaders en richtingen voor verdere techniekontwikkeling voor ICT in relatie tot feedbacksystemen.

Het onderzoeksproject was onderverdeeld in de volgende deelonderzoeken:

- individueel binnenmilieu en thermisch gedrag (op basis van multiperceptie);
- gedrag, motieven voor bepaald gedrag en gedragsbeïnvloeding (feedback);
- energiegebruikvoorspellende rekenmethode;
- randvoorwaarden voor technologische (product) ontwikkeling, gericht op monitoring, regelen, feedback geven en sturing vanuit de individuele beleving, in zowel nieuwe als bestaande woningen;

Dit project is uitgevoerd door Maastricht University, Technische Universiteit Eindhoven, Rijksuniversiteit Groningen, Cauberg-Huygen R.I. (tot augustus 2013) en de Haas & Partners.

### 9. Climate Adaptive Glastuinbouw: Inverse Modelling (CAGIM)

De glastuinbouwsector is verantwoordelijk voor tien procent van het totale Nederlands gasverbruik. Doel van het CAGIM-project was om een substantiële bijdrage te leveren aan de energietransitie in deze sector. Men onderzocht dynamische eigenschappen van Climate Adaptive Kassensystemen (CAKS). Dit deed men door te modelleren en te kwantificeren, rekening houdend met de complexe binnenklimaatseisen van teelt en teeltcombinaties en de snelle dynamiek van het buitenklimaat.

De onderzoekers gingen niet uit van verbetering van bestaande componenten en concepten. Ze onderzochten door inverse modellering welke componenten en concepten nodig zijn voor de energietransitie in de glastuinbouw. Er zijn indicaties dat met deze aanpak van gevels 70 tot 84 procent energie bespaard kan worden. Omdat in dit project niet alleen de gevel is onderzocht maar ook installaties en uiteindelijk het gehele kasconcept, is de verwachte energiebesparing nog groter.

De onderzoekers namen niet de materiaal- of installatie-eigenschappen als vaste parameters. Ze gingen uit van de gewenste uitkomst: de binnenklimaatseisen en een energiescenario. In plaats van externe weersomstandigheden 'uit te schakelen', kunnen gevels de natuurlijk

aanwezige energie uit de omgeving maximaal gebruiken. Deze façades kunnen zichzelf regelen en zorgen zo voor naar optimale energie- en binnenklimaatconfiguraties. Op dezelfde wijze bepaalden de onderzoekers de toekomstige eigenschappen van installaties en regelstrategieën voor CAKS.

Dit project is uitgevoerd door Wageningen UR, Technische Universiteit Delft, Technische Universiteit Eindhoven, TNO Glastuinbouw en de Haagse Hogeschool.

### Wegwijs in de kennis uit de negen studies

De hierboven genoemde studies leverden een groot aantal deelonderzoeken op. Deze publicatie maakt u daarin wegwijs. Van elk onderzoeksrapport vindt u een korte samenvatting en een link naar de volledige versie.



De deelonderzoeken gaan over onder andere (bètaversies van) ontwerp- en rekentools, voorspellingsmodules voor energieverbruik, energiepotentie, technische concepten, actorenanalyses, voorlichtingsmateriaal en quickscans. In deze publicatie zijn de onderzoeken gerangschikt onder de volgende thema's:

### Beleid & Proces

Energie staat hoog op politieke agenda's van gemeenten en provincies. Zij hebben vaak als ambitie om klimaat-neutrale, CO<sub>2</sub>-neutrale of energieneutrale buurt, wijk of zelfs hele gemeente tot stand te brengen. Veelal ontbreekt het hen aan handvatten om deze ambitie concreet te maken. De ontwikkelde tools kunnen hen hierbij helpen.

### Ontwerp & Stedenbouw




De vraag naar energie wordt mede bepaald door architectonische- en stedenbouwkundige keuzes. Het inpassen van energiebesparende maatregelen en technologie en het voorzien in hernieuwbare energie vereist daarnaast ruimte; het vormt het gebouw en zijn omgeving. In deze publicatie vindt u een overzicht van studieresultaten die onder andere ingaan op de architectonische- en stedenbouwkundige inpassing van energiebesparende maatregelen en duurzame-energiesystemen.

### Technieken & Concepten

Een energieneutraal gebouw wordt vaak gerealiseerd door het toepassen van (energie)concepten met innovatieve technieken. Het gaat hierbij veelal om combinaties van bouwkundige, bouwfysische en installatietechnische componenten die elkaar aanvullen en versterken. Deze afgewogen combinatie moet leiden tot de gewenste prestaties. Mede door literatuurstudies en ontwikkeling van modellen, instrumenten en prototypes kwamen componenten en concepten tot stand die bij kunnen dragen aan het succesvol realiseren van een energieneutraal gebouw.

### Gedrag & Fysiologie

De effectiviteit van energiebesparende technieken en concepten hangt mede af van hoe men ze gebruikt. Dit verklaart de grote verschillen in energiegebruik van woningen die verder hetzelfde zijn. Daarom deden de EOS LT-studies ook onderzoek naar sociaaleconomische en fysiologische kenmerken van gebruikers van gebouwen in relatie tot hun thermische gedrag. Ook onderzocht men waarom bewoners investeren in het verduurzamen van hun woning en wat de motieven zijn van energiezuinig gedrag.

|  Beleid & Proces |  Ontwerp & Stedenbouw |  Technieken & Concepten |  |
|---|--|--|--|
| Rigoreus: Renovatieconcepten voor 75 procent energiebesparing                                     | Binnenmilieu: symbiose van architectuur en klimaattechniek   | Woningen als energieleverend systeem (WAELS)   | Verkenning nationale en internationale ontwikkelingen              |
| Het renovatieproces: aansluiten bij motieven woningeigenaren                                      | Duurzame Projectontwikkeling na 2015: adaptieve renovatieconcepten                                     | Efficiënt zonne-energie omzetten   | Beslissingsondersteuningsmodellen                                  |
| Beslissingsondersteuningsmodellen   | Klimaatactieve bouwdelen   | Ontwerp van fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT)  | Renovatieconcepten en bouwstenen                                   |
|   | Duurzame comfortinstallaties   | Evaluatie fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT) in gerealiseerde projecten                           | De zonneshoorsteen   |
|   | Samenvattend eindrapport LowEx   |  | Natuurlijke ventilatie en wind                                     |
|   | Toepassen van het exergieconcept in de gebouwde omgeving   | Literatuurstudie reactorontwerpen 'Thermochemische Materialen' (TCM)                                       | Onderzoek Klimaatcascade en geo-klimaatconcept                     |
|   | Effecten van het binnenmilieu op de productiviteit en het ziekteverzuim                                | Overzicht van patenten 'ThermoChemische Materialen' (TCM)  | Binnenmilieu: symbiose van Architectuur en klimaattechniek         |
|   |  | Seizoensopslag van zonnewarmte door magnesiumsulfaat heptahydraat  | Duurzame Projectontwikkeling na 2015: adaptieve renovatieconcepten |
|   |  | Rigoreus: Renovatieconcepten voor 75 procent energiebesparing  | Toekomstverkenning duurzaam bouwen, werken en wonen na 2015        |





Technieken & Concepten



Gedrag & Fysiologie

Literatuurstudie thermisch comfort

Beoordeling van energietechnieken en maatregelen in de woningbouw

Duurzame Projectontwikkeling na 2015: adaptieve renovatieconcepten

Effecten van het binnenmilieu op de productiviteit en het ziekteverzuim

Ventilatie, achtergrond van de eisen

Literatuuronderzoek naar een optimaal binnenmilieu

Literatuurstudie thermisch comfort

Factoren die het energieregelateerde gedrag in woningen beïnvloeden

Proefkameronderzoek attentieniveau bij beperkte ventilatie

Programma van eisen en wensen voor het binnenmilieu

Ventilatie, achtergrond van de eisen

Effecten en gevolgen van ventilatie

Effecten van het binnenmilieu op de productiviteit en het ziekteverzuim

Effecten en gevolgen van ventilatie

Klimaatactieve bouwdelen

Randvoorwaarden voor het binnenklimaat bij glastuinbouw

Proefkameronderzoek attentieniveau bij beperkte ventilatie

Duurzame comfortinstallaties

Scenario's voor dynamische klimaateisen glastuinbouw

De invloed van omgevingstemperatuur op de menselijke fysiologie

Samenvattend eindrapport LowEx

Optimaal thermisch comfort

Optimaal thermisch comfort

Literatuuronderzoek naar een optimaal binnenmilieu

Toepassen van het exergieconcept in de gebouwde omgeving

Programma van Eisen en Wensen voor het binnenmilieu





### Gegevens studie

|                  |   |
|------------------|---|
| Auteur:          | Frans Koene (ECN) e.a.  |
| Doelgroep:       | onderzoekers, adviseurs, conceptaanbieders, woningcorporaties en particuliere verhuurders |
| Fase planproces: | conceptontwikkeling en projectvoorbereiding   |
| Huidige stand:   | afgerond in 2009  |
| Bron:            | EOS LT RIGOUREUS  |

## Beleid & Proces

# Rigoreus: Renovatieconcepten voor 75 procent energiebesparing

**Rigoreus ontwikkelde vijf renovatieconcepten voor naoorlogse rijtjeshuizen. Doel: een reductie van 75 procent op het totale energiegebruik. Daarnaast deden de onderzoekers een aanzet voor een beslissingsondersteuningsmodel voor woningeigenaren.**

De afgelopen jaren is al veel bereikt om het woninggebonden energiegebruik van nieuwbouwwoningen te verlagen. In de bestaande bouw is dat veel minder het geval. Analyse van de gebouwvoorraad laat zien dat de grootste categorie rijtjeswoningen gebouwd is tussen 1945 en 1974 en dat deze categorie de meeste energie gebruikt. Deze woningen zijn het komende decennium toe aan grootschalige renovatie. Daarom neemt dit onderzoek deze categorie als uitgangspunt. Doel: een reductie van 75 procent op het totale energiegebruik, zowel het gebouwgebonden als het huishoudelijke aandeel.

### Technische renovatieconcepten

De onderzoekers verkenden nationale en internationale ontwikkelingen in energiezuinig renoveren. De uitkomsten zijn onderling vergeleken en beoordeeld op basis van criteria zoals comfort, technische uitvoerbaarheid, verkoop-/verhuurbaarheid en gebruikersvriendelijkheid. De resultaten zijn mede gebruikt als bouwstenen voor de technische renovatieconcepten. Deze bouwstenen zijn beschreven en gecombineerd tot concepten, waarvan er vijf zijn uitgewerkt.

### Kansen, knelpunten en motivatie

Om draagvlak te krijgen voor energetisch ambitieuze renovaties is inzicht nodig in de kansen en knelpunten die woningeigenaren (eigenaar-bewoners en woningcorporaties) ondervinden bij renovaties. Ook is inzicht nodig in de motieven die hen kunnen doen besluiten tot een duurzame renovatie. Hiervoor deden de onderzoekers een literatuurstudie, zetten zij twee enquêtes uit onder leden van de Vereniging Eigen Huis (VEH) en voerden ze casestudies uit van recente renovaties. Ze gaven een aanzet voor een beslissingsondersteuningsmodel voor zowel eigenaar-bewoners als woningcorporaties. Voor eigenaar-bewoners lijkt een grootschalige, wijkgerichte aanpak door gemeente of provincie, kansrijk.

*Hoe creëer je voor energetisch ambitieuze renovaties draagvlak bij woningeigenaren?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)





### Gegevens studie

|                  |   |
|------------------|---|
| Auteur:          | Clarine van Oel (TU Delft) e.a.   |
| Doelgroep:       | onderzoekers, adviseurs, conceptaanbieders, woningcorporaties en particuliere verhuurders |
| Fase planproces: | van initiatief tot en met planvoorbereiding   |
| Huidige stand:   | afgerond in 2009  |
| Bron:            | EOS LT RIGOUREUS  |

## Beleid & Proces

# Het renovatieproces: aansluiten bij motieven woningeigenaren

**Doel van dit onderzoek was het in kaart brengen van het renovatieproces van bestaande woningen. Onderzocht is voor welke verbeteropties eigenaren en gebruikers de benodigde investering willen doen. Ook is gekeken naar belemmeringen in het proces.**

Om tot echt innovatieve renovatieconcepten te komen, moeten we afstand nemen van de gebruikelijke aanpak en proberen de bestaande bouw op een fundamenteel andere wijze te benaderen. Hierbij is draagvlak nodig onder woningeigenaren. Voor het creëren daarvan is meer inzicht nodig in de kansen en knelpunten die zij ondervinden bij duurzame renovatieprocessen. Ook is meer inzicht nodig in de motieven die eigenaren doen besluiten tot duurzame renovatie. Aanpak van de bestaande bouw moet immers aansluiten bij deze motieven.

### Rollen, belangen en motieven

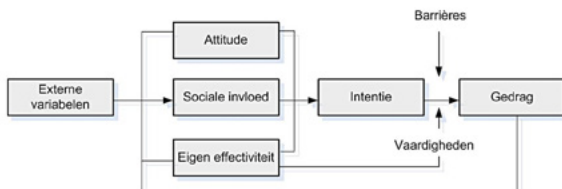
De onderzoekers brachten het renovatieproces in kaart, uitgesplitst naar de rollen, procesbenodigdheden, belangen en motieven van de diverse actoren. Daarbij onderzochten zij voor welke verbeteropties eigenaren en gebruikers bereid zijn de benodigde investering in hun woningen te doen. Ook keken ze welke belemmeringen zich voordoen in het proces, uitgaand van de huidige renovatiepraktijk en randvoorwaarden.

### Intentie en gedrag

Om een antwoord te vinden op deze vragen voerden de onderzoekers een beperkte literatuurstudie uit, zetten zij twee enquêtes uit onder leden van de Vereniging Eigen Huis (VEH) en voerden zij casestudies uit. Daarnaast pasten ze het ASE-model toe, voor het begrijpen van gedragsveranderingen. Het model laat zien dat iemands houding, druk vanuit de sociale omgeving en inschatting van de eigen effectiviteit iemands intentie vormen. Maar dat de intentie tot gedrag niet voldoende is om te komen tot daadwerkelijk gedrag.

## Wat doet woningeigenaren besluiten tot duurzame renovatie?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)





### Gegevens studie

|                  |   |
|------------------|---|
| Auteur:          | Clarine van Oel (TU Delft) e.a.   |
| Doelgroep:       | onderzoekers, adviseurs, conceptaanbieders, woningcorporaties en particuliere verhuurders |
| Fase planproces: | conceptontwikkeling   |
| Huidige stand:   | afgerond in 2009  |
| Bron:            | EOS LT RIGOUREUS  |

## Beleid & Proces

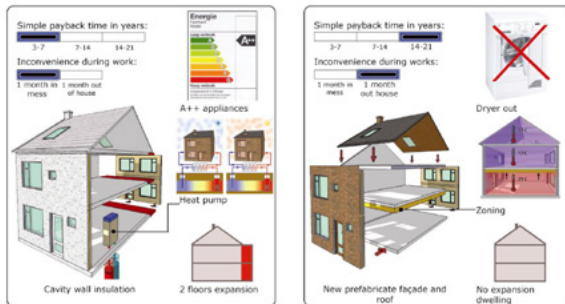
# Beslissingsondersteuningsmodellen

**Welke niet-technologische barrières zijn er voor de introductie en opschaling van innovatieve renovatieconcepten? Dit onderzoek biedt inzicht in beslismodellen en barrières voor het realiseren van projecten met hoge ambities.**

Bij de ontwikkeling van ambitieuze, innovatieve renovatieconcepten moet men niet alleen rekening houden met de energieprestatie van de verschillende maatregelen. Het is ook belangrijk dat men rekening houdt met wat de acceptatie van een dergelijk innovatief renovatieconcept beïnvloedt. Innovatieve renovatieconcepten moeten immers draagvlak hebben onder de 'gewone mensen', omdat zij nodig zijn om het beleidsdoel van 30 procent CO<sub>2</sub>-reductie in 2020 te realiseren. De renovatieconcepten moeten dan ook vraaggestuurd, en niet top-down worden ontwikkeld.

### Vignettenmethode

Voor de ontwikkeling van een beslissingsondersteuningsmodel voor eigenaar-bewoners is bewust gekozen voor een onderzoeksmethode die de complexiteit van de besluitvorming zo goed mogelijk laat zien. Het type onderzoek dat hiervoor erg geschikt is, is de zogenaamde 'vignettenmethode', waarbij de respondent steeds uit twee mogelijkheden kiest. Voor de ontwikkeling van een beslissingsondersteuningsmodel voor woningcorporaties zijn op basis van multicriteria-analyses (MCA's) scenario's ontwikkeld waarmee de exploitatie van verschillende vormen van strategisch voorraadbeheer kan worden doorgerekend.



*Links het meest gewenste renovatieconcept, rechts het minst gewenste concept.*

### Besluitvorming

Dit onderzoek laat zien welke niet-technologische barrières er in de huidige regelgeving zijn voor de introductie en opschaling van innovatieve renovatieconcepten. Daarnaast biedt het onderzoek inzicht in beslismodellen om ambitieuze renovatieprojecten economisch effectief op te zetten. Om de besluitvorming van woningcorporaties of eigenaar-bewoners zo goed mogelijk te begrijpen, is het belangrijk om de verschillende prestatie-indicatoren in onderlinge samenhang te modelleren. Besluitvorming bij woningcorporaties zal andere prestatie-indicatoren en randvoorwaarden kennen dan besluitvorming door eigenaar-bewoners.

*Wat beïnvloedt de acceptatie van een innovatief renovatieconcept?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie****Auteur:** Ben Bronsema (TU Delft) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers, installatie/  
klimaatadviseurs en ontwerpers**Fase planproces:** initiatief en ontwerp**Huidige stand:** afgerond in 2012**Bron:** EOS LT EARTH, WIND & FIRE**Ontwerp & Stedenbouw****Binnenmilieu: symbiose van architectuur en klimaattechniek****Deze studie richtte zich op een kantoorconcept met energiezuinige airconditioning zonder ventilatoren.**

Klimaatbeheersing van gebouwen (verwarmen, koelen en ventileren) vraagt veel (hulp)energie en veel installatietechniek. Doel van het onderzoek 'Earth, Wind & Fire' is het ontwikkelen van een gebouwconcept dat voorziet in een gezond, behaaglijk en productief binnenklimaat. Hierbij wil men de installatie tot een minimum beperken, het energiegebruik drastisch terugbrengen en de resterende energievraag in het gebouw zelf opwekken.

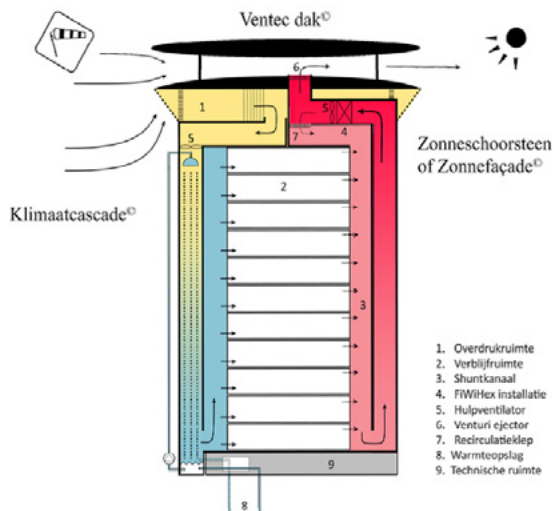
port het OMEGA-klimaatmodel, dat met 'Binnenklimaat op Maat' een optimale kwaliteit van het binnenmilieu biedt. Ook bevat het een casestudie van een virtuele ombouw van een bestaand Amsterdams kantoorgebouw.

**Hoe integreer je installaties en architectuur?**[Ga naar de volledige publicatie.](#)**Geïntegreerd in de architectuur**

Sinds het ontstaan van de installatietechniek ontwikkelde zich een scheiding tussen architectuur en techniek. Deze bestaat nog steeds, ondanks stromingen die het 'integraal ontwerpen' propageren. Met adaptieve bouwdelen, geïntegreerd in de architectuur en de constructie van een gebouw, kan een aanzienlijke besparing op (hulp)energiegebruik worden gerealiseerd. Met als einddoel een energieneutraal en zelfs energieleverend gebouw.

**Deelonderzoeken en casestudie**

Deze studie bestond uit verschillende deelonderzoeken: Zonneschoorsteen en Zonnefaçade<sup>®</sup>, het Ventecdak<sup>®</sup> en de Klimaatcascade<sup>®</sup>. Daarnaast beschrijft het studierap-



Schematische tekening van het 'Earth, Wind &amp; Fire'-principe

**Gegevens studie**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Auteur:</b>          | Frans de Haas (Projectgroep DEPW) e.a. |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers                           |
| <b>Fase planproces:</b> | conceptontwikkeling                    |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2012                       |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015                         |

*Metingen aan proefpersonen onder laboratorium omstandigheden***Ontwerp & Stedenbouw****Duurzame Projectontwikkeling na 2015:  
adaptieve renovatieconcepten**

**Wat zijn de ingrediënten van adaptieve woning- en renovatieconcepten die voldoen aan de eis van 75 procent CO<sub>2</sub>-reductie en 60 procent lokaal duurzaam opgewekte elektriciteit? Dat is het onderwerp van dit onderzoek.**

Men verwacht dat in 2020 en 2050 niet alleen het energiegebruik anders zal zijn dan nu, maar ook het wonen, het bouwen en renoveren. Bij het ontwikkelen van concepten om straks energieneutraal te wonen moeten we daarmee al rekening houden, voor zover mogelijk. Wat opvalt is de steeds verdergaande individualisering. Een aantal decennia geleden zat een gezin samen rond de kachel in de woonkamer. Tegenwoordig trekt ieder zich terug op de eigen kamer, en wil die verwarmen wanneer en hoe het uitkomt.

**Vraagsturing**

Comfort hoeft niet meer afgestemd te worden op de gemiddelde bewoner, maar op de individuele behoefte. Dit vertegenwoordigt een besparingspotentieel waarop woning- en renovatieconcepten ontwikkeld kunnen worden, zogenaamde adaptieve woonconcepten. Centraal hierin staat vraagsturing: comfort en gezondheid geregeld op de daadwerkelijke behoefte, alleen op die plaatsen en dan wanneer nodig. Deze adaptieve concepten voor nieuwbouw- en renovatie moeten voor nieuwbouw vergaande CO<sub>2</sub>-reductie opleveren, waarbij

de benodigde elektriciteit zoveel mogelijk uit duurzame bronnen komt.

Onderdelen zijn van de studie zijn:

- individuele vraagsturing op comfortbehoefte (individuele comfortbeleving) en gezond binnenmilieu (luchtkwaliteit);
- integratie van klimaatactieve bouwcomponenten;
- op exergie gebaseerde afstemming van het aanbod op de vraag met de daarvoor benodigde flexibiliteit;
- technieken op woning- en op wijkniveau.

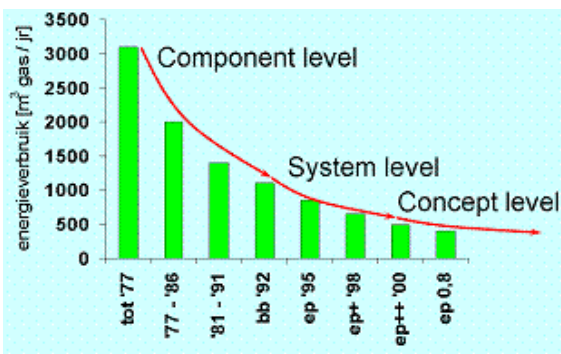
**Hoe beïnvloedt  
individualisering het  
energiegebruik?**

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



## Gegevens studie

|                  |   |
|------------------|---|
| Auteur:          | Ad van der Aa (Cauberg-Huygen)<br>e.a.              |
| Doelgroep:       | onderzoekers, ontwerpers en<br>conceptontwikkelaars |
| Fase planproces: | onderzoek en ontwerp                                |
| Huidige stand:   | afgerond in 2011                                    |
| Bron:            | EOS LT DP 2015                                      |



Verhoging van de energievraag leidt tot eisen op conceptniveau.

## Ontwerp &amp; Stedenbouw

## Klimaatactieve bouwdelen

**Dit onderzoek gaat over het ontwerpen van integrale bouwconcepten met klimaatactieve bouwelementen. Hierbij is gekeken naar technische aspecten en naar de ontwerp- en ontwikkelstrategie van gebouwen.**

Het traditionele ontwerpproces is versnipperd over diverse specialistische disciplines. De afgelopen decennia keek men voor energiezuinige gebouwen in eerste instantie naar efficiëntieverbetering van afzonderlijke bouwelementen en klimaatinstallaties. Hierin zijn aanzienlijke verbeteringen bereikt, maar de grenzen zijn inmiddels in zicht.

## Energie, comfort en gezondheid

De prestatie van het individuele element is vaak sterk afhankelijk van de prestatie van het totale systeem waarvan het deel uitmaakt. Maar ook een aanpak op systeemniveau is niet langer toereikend. Gebouwen bestaan daarom inmiddels uit geïntegreerde concepten waarin geavanceerde bouw- en installatiesystemen samenwerken om tot een optimale prestatie te komen voor energie, comfort en gezondheid.

## Klimaatactief

Klimaatactief betekent hierbij de mogelijkheid om fysische eigenschappen van de woning te kunnen veranderen, om in te spelen op veranderende binnen- of buitencondities en daarmee bij te dragen aan betere energieprestaties. Met de integratie van klimaatactieve

bouwelementen en klimaatinstallaties verandert het ontwerpproces van een stapeling losse systemen tot een integraal gebouwconcept. Het onderzoek was onder meer gericht op geavanceerde gevels, thermische massa-activatie, grondkoppeling, dynamische isolatie en phase change materials (PCM).

## Hoe kan een woning inspelen op veranderende binnen- of buitencondities?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie**

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | Noortje Alders (TU Delft) e.a. |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers     |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek en ontwerp           |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2012               |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015                 |

**Ontwerp & Stedenbouw****Duurzame comfortinstallaties**

Met inzicht in het vraagprofiel van een woning kan gezorgd worden voor een adequaat binnenklimaat met een zo efficiënt mogelijke inzet van energie, in de woning en op wijkniveau. Dit onderzoek geeft de uitgangspunten hierbij.

De centrale vraag van dit onderzoek is: hoe zien de klimatiseringsinstallaties van een adaptieve, energieneutrale woning eruit? Het onderzoek is gericht op verbanden tussen de verschillende invloedsfactoren. Hierbij ligt de nadruk op adaptief comfort, de bouwfysische interactie tussen gebouw en klimaat, de gebruikersinterface en regelsystemen.

**Uitgangspunten**

Mede op basis van de nieuwste inzichten in thermisch comfort geeft het onderzoek uitgangspunten om te kunnen voorzien in de comfortvraag en om energiebesparing te realiseren:

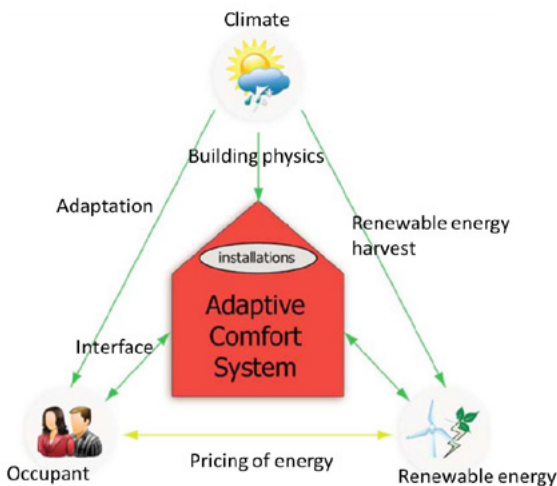
1. Voor de comfort en tevredenheid van bewoners is de regelbaarheid binnen de grenswaarden van het comfortgebied op zich minstens zo belangrijk als de temperatuur.
2. In woningen zijn de adaptieve mogelijkheden groter dan in kantoren, door het aanpassen van kleding, activiteit, locatie en het openen van ramen en deuren. Hierdoor is de acceptatie van het binnenklimaat groter.

3. In een woning heeft het activiteitsniveau een grotere bandbreedte dan in een kantoor en varieert dit meer in een korte tijd.
4. De adaptieve comfortmodellen richten zich meer op een steady state-situatie, met één comforttemperatuur per dag. De activiteiten veranderen echter over de dag, en daarmee ook de beoordeling van het comfort.

*Hoe zorg je voor comfort met een zo efficiënt mogelijke energie-inzet?*

[Ga naar de publicatie Achtergronden en uitgangspunten voor Ontwerp.](#)

[Ga naar de Bijlagen van deze publicatie.](#)



Invloedsfactoren voor duurzame comfortinstallaties

**Gegevens studie**

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | Arjen Raue (TU Delft) e.a.     |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers     |
| <b>Fase planproces:</b> | conceptontwikkeling en ontwerp |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2014               |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT LowEx                   |

**Ontwerp & Stedenbouw****Samenvattend eindrapport LowEx**

**Exergie kan vernieuwend inzicht geven in de samenhang tussen menselijke behoeften (gezondheid en comfort) en efficiënte inzet van energiesystemen (warmte en elektriciteit) in de gebouwde omgeving. Dit onderzoek verkent de mogelijkheden van de exergetische systeembenadering hiervoor.**

Energie komt voor in verschillende kwaliteiten. Die kwaliteit kan degraderen, maar niet meer toenemen. Energie van hoge kwaliteit, zoals elektriciteit, kan bijna overal worden ingezet, zowel voor kracht, licht als warmte. Energie van lage kwaliteit, zoals in de vorm van water met een lage temperatuur, is maar beperkt inzetbaar. Deze is niet meer bruikbaar voor hoogwaardige toepassingen.

**Innovaties en systeemverbeteringen**

Bij een exergetische systeembenadering gebruikt men energie van een kwaliteitsniveau dat past bij het kwaliteitsniveau van de vraag. Zo blijven de omzettingsverliezen geminimaliseerd. Daarbij kan exergie mogelijk leiden tot innovaties en systeemverbeteringen. De exergetische systeembenadering is zowel van toepassing op fossiele energie als op vernieuwbare energiebronnen.

**People, planet en profit**

In de samenvattende rapportage worden de drie promotieonderzoeken beschreven waarmee invulling is gegeven aan people, planet en profit. Men keek onder meer naar de interactie tussen het gebouwstelsel, het binnenklimaat en de menselijke fysiologie, naar samen-

hang op gebouw- en systeemniveau tussen de domeinen bouwkunde en energievoorziening en naar de financiën. Aan de hand van casestudies kregen de onderzoekers inzicht in de exergetische prestatie van huidige energiesystemen voor de gebouwde omgeving.

**Hoe is de exergetische systeembenadering toepasbaar in de gebouwde omgeving?**

[Ga naar de volledige publicatie.](#)





## Gegevens studie

|                  |                                  |
|------------------|----------------------------------|
| Auteur:          | Sabine Jansen (TU Delft) e.a.    |
| Doelgroep:       | onderzoekers                     |
| Fase planproces: | onderzoek en conceptontwikkeling |
| Huidige stand:   | afgerond in 2012                 |
| Bron:            | EOS LT LowEx                     |

## Ontwerp &amp; Stedenbouw

## Toepassen van het exergieconcept in de gebouwde omgeving

Deze studie kijkt wat de toegevoegde waarde van exergie kan zijn voor het beoordelen en ontwikkelen van energiesystemen voor de gebouwde omgeving.

Voor het ontwikkelen van duurzame energiesystemen voor de gebouwde omgeving moet de energievraag worden verminderd. Ook moet alle benodigde energie kunnen komen uit duurzame bronnen. De huidige aanpak voor beoordeling en ontwikkeling van energiesystemen voor de gebouwde omgeving gaat uit van energieconcepten die geen onderscheid maken tussen verschillende energievormen. Dit geeft geen volledig beeld van de prestatie. Toepassing van exergie kan naar verwachting bijdragen aan de verdere ontwikkeling van duurzame energiesystemen. In de gebouwde omgeving is de toepassing van exergie echter nog betrekkelijk nieuw.

## Planet

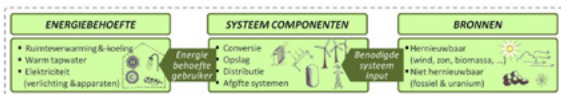
Deze deelstudie van het LowEx-onderzoek richt zich op het onderdeel planet. Het theoretische deel van het onderzoek geeft aanvullingen op bestaande exergie-berekeningsmethoden voor de gebouwde omgeving. Het toegepaste deel heeft betrekking op de toepassing van exergie voor de beoordeling van bestaande systemen en de ontwikkeling van verbeterde systemen.

## Gehele energieketen

Het onderzoek beschouwt de gehele energieketen voor de gebouwde omgeving. Met aan de ene kant de energiebehoefte, gebaseerd op (comfort)eisen van de gebruiker, gebouweigenschappen en weersgegevens, en aan de andere kant de beschikbare energiebronnen. Daartussen is gekeken naar de systeemcomponenten die nodig zijn voor conversie, opslag en distributie van energie.

## Hoe kan exergie bijdragen aan de ontwikkeling van duurzame energiesystemen?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



Schematische weergave van energiesystemen voor de gebouwde omgeving.

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Joe Leijten (TU Delft) e.a.   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers van kantoren en installatie- en ventilatiesystemen |
| <b>Fase planproces:</b> | ontwerp van kantoren en installaties  |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT FACET  |

**Ontwerp & Stedenbouw**

## Effecten van het binnenmilieu op de productiviteit en het ziekteverzuim

**Wat zijn de effecten van het binnenmilieu op de productiviteit van personen? Dat is de vraag die dit onderzoek probeert te beantwoorden. Denk aan temperatuur, thermisch comfort, luchtkwaliteit, ventilatie, vervuillingsbronnen, persoonlijke beïnvloeding en ruimte-indeling.**

Uitgangspunt van dit onderzoek is de literatuurstudie naar het binnenmilieu (rapport: [Literatuuronderzoek naar een optimaal binnenmilieu](#)), aangevuld met literatuur die specifiek ingaat op productiviteit. De meeste studies kwantificeren productiviteit door het meten van bijvoorbeeld het aantal telefoongesprekken, het aantal toetsaanslagen of het aantal juiste antwoorden per tijdseenheid. Dit gebeurt in zowel laboratorium-omgevingen als onder reële werkomstandigheden.

**Routine of creativiteit**

Bij routinematige taken is de prestatie maximaal bij een 'lichtelijk koele' omgeving. Bij taken die creativiteit vereisen, is de prestatie juist maximaal bij een 'lichtelijk warme' thermische sensatie. Het productiviteitsverlies blijft beperkt tot maximaal 2,5 procent. Deze resultaten gelden uitsluitend voor een omgeving met volledige airconditioning en niet voor een omgeving met natuurlijke of hybride klimatisering, zoals in Nederland het meest voorkomt.

**Ziekteverzuim**

Het verhogen van de ventilatie voor de luchtkwaliteit zorgt voor een productiviteitsverbetering van circa 1 procent. Het wegnemen van verontreinigende bronnen in ventilatiesystemen en werkruimtes kan een verbetering geven tot circa 10 procent. Verder blijkt dat de productiviteit lager wordt naarmate er meer mensen in een ruimte werken: het productiviteitsverlies kan oplopen tot circa 14 procent. Ook ziekteverzuim kan worden beïnvloed door de kwaliteit van het binnenmilieu. In kantoorruimtes waar over het binnenmilieu wordt geklaagd, blijkt het ziekteverzuim daadwerkelijk hoger te liggen.

## Wat zijn de effecten van temperatuur en luchtkwaliteit op productiviteit?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



### Gegevens studie

|                         |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | Wim van Helden (ECN) e.a.    |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en fabrikanten  |
| <b>Fase planproces:</b> | product-/conceptontwikkeling |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2009             |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT WAELS                 |

## Technieken & Concepten

# Woningen als energieleverend systeem (WAELS)

Het WAELS-project is gericht op de ontwikkeling van elementen die kunnen bijdragen aan het energieleverend maken van woningen: bouwsystematiek, efficiënte benutting van zonlicht en warmteopslag.

### Bouwsystematiek

Voor de ontwikkeling van een bouwsystematiek vonden interviews plaats met diverse partijen in de bouwkolom en is een scenarioanalyse gedaan. Dit leidde tot een lijst van zogenaamde Strategische Elementen. Dit zijn elementen die betrekking hebben op de totstandkoming van energieleverende woningen op grote schaal. Het gaat om elementen die in ieder geval slim zijn om te doen, onafhankelijk zijn van welk toekomstig scenario er voor de bouw wordt aangenomen.

### Efficiënte benutting van zonlicht

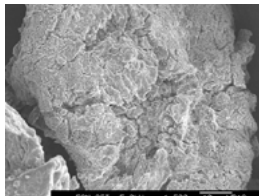
Voor de efficiënte benutting van zonlicht keken de onderzoekers naar nieuwe multifunctionele materialen voor gecombineerde PV-zonthermische collectoren. Ook werkten zij enkele blauwdrukken uit voor deze apparatuur voor de nabije toekomst (2015) en voor de verdere toekomst (2030).

### Warmteopslag

In het onderdeel warmteopslag is onderzoek gedaan naar nieuwe materialen waarmee warmte op een zeer compacte manier kan worden opgeslagen. Ook onderzocht men de principeontwerpen van de componenten waarmee deze materialen geladen en ontladen kunnen worden.

## Welke elementen dragen bij aan energieleverende woningen?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



Links de klimaatkamer waarmee de basiscyclingsmetingen zijn uitgevoerd om de materiaalkarakteristieken van magnesiumsulfaat ( $MgSO_4$ ) te onderzoeken. Rechts een elektronenmicroscopfoto van een korreltje  $MgSO_4$ .



### Gegevens studie

|                  |                                      |
|------------------|--------------------------------------|
| Auteur:          | H.A. Zondag (ECN) e.a.               |
| Doelgroep:       | onderzoekers en productontwikkelaars |
| Fase planproces: | productontwikkeling                  |
| Huidige stand:   | afgerond in 2008                     |
| Bron:            | EOS LT WAELS                         |

## Technieken & Concepten

# Efficiënt zonne-energie omzetten

Dit onderzoek richtte zich op techniekontwikkeling van fotonvoltaïsch-thermische zonnepanelen, om zonne-energie efficiënt op te vangen en om te zetten in elektriciteit en warmte.

Fotonvoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT) zijn collectoren die straling van de zon absorberen voor de opwekking van elektriciteit én warmte. De PVT-panelen worden gezien als een veelbelovende technische ontwikkeling. In dit onderzoek zijn verschillende verbeteropties onderzocht die men kan nemen voordat de PVT-panelen commercieel geproduceerd gaan worden.

*Hoe zijn fotonvoltaïsch-thermische zonnepanelen te verbeteren?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

### Verbeteropties

De onderzoekers hebben verbeteropties en de potentie daarvan bepaald voor:

- verbeterde celabsorptie;
- dunnefilmopties;
- vermindering van reflectie;
- glascoating voor het verminderen van stralingsverliezen;
- bescherming van de cellen voor het verminderen van stralingsverliezen;
- coatings voor een goede absorptie van elektrische isolatie en optimale warmteoverdracht.



*Adhesietest: tendens van rubber/silicone om zich aan een contactoppervlak te binden of vast te klemmen.*

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Mieke Timmerman (University of Twente) e.a.       |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers, productontwikkelaars en producenten |
| <b>Fase planproces:</b> | productontwikkeling                               |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2009                                  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT WAELS                                      |

**Technieken & Concepten**

## Ontwerp van fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT)

In deze studie zijn fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT) ontworpen waarbij speciale aandacht is besteed aan gebruikerseisen, kosten, productie, gebouwintegratie en installatie.

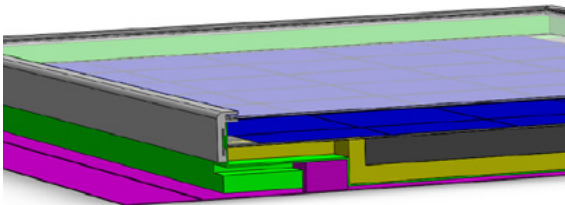
PVT-panelen leveren zowel elektriciteit als warmte voor tapwater. In dit onderzoek zijn fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT) ontworpen voor huizen met schuine daken. Om het ontwerpproces te ondersteunen analyseerden de onderzoekers de ruimtelijke randvoorwaarden en het bouwproces. Ook inventariseerden zij de eisen van architecten, installateurs, en bewoners. Ze werkten verschillende concepten uit voor PVT-panelen.

**Kunststof**

Daarna voerden de onderzoekers simulaties uit om de energieprestaties te kunnen vergelijken. Daaruit bleek onder meer dat plastic PVT-panelen even goed kunnen presteren als de tot nu toe gebruikte metalen panelen. Vanwege het lage gewicht en de vormvrijheid van kunststoffen, is een plastic PVT-paneel gekozen voor verdere detaillering. Hierbij is speciale aandacht besteed aan een eenvoudige installatie.

*Wat zijn de wensen en eisen aan PVT-panelen?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



Doorsnede van een fotovoltaïsch-thermisch zonnepaneel

**Gegevens studie**

|                         |                                      |
|-------------------------|--------------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | H.A. Zondag (ECN) e.a.               |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en projectontwikkelaars |
| <b>Fase planproces:</b> | productontwikkeling                  |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2008                     |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT WAELS                         |

**Technieken & Concepten***Evaluatie fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT) in gerealiseerde projecten*

Het doel van dit onderzoek was om de kennis en marktpotenties van fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT) te vergroten en de ontwikkeling te versnellen. Dit was een Europees evaluatieonderzoek in 70 gerealiseerde projecten.

Fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT) zijn collectoren die straling van de zon absorberen voor de opwekking van elektriciteit en warmte. De potentie van PVT-panelen wordt gezien als groot, voor zowel renovatie als nieuwbouw. Ze zijn bij uitstek geschikt wanneer de hoeveelheid geschikt dakoppervlakte beperkt is, zoals in de gestapelde bouw. Toch is tot nu toe slechts een beperkt aantal projecten gerealiseerd.

*Wat is de potentie van fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Marktpotenties vergroten**

De onderzoekers evalueerden verschillende varianten van PVT-systemen. Het oudste PVT-project dat is opgenomen, is er een in de Verenigde Staten uit 1987. Dit systeem is nog steeds in bedrijf. Dit evaluatieonderzoek valt onder International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling (SHC).



Louisville, Kentucky USA (1987)



Kollum, NL (2008)



## Gegevens studie

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| Auteur:          | H.A. Zondag (ECN) e.a. |
| Doelgroep:       | onderzoekers           |
| Fase planproces: | productontwikkeling    |
| Huidige stand:   | afgerond in 2008       |
| Bron:            | EOS LT WAELS           |

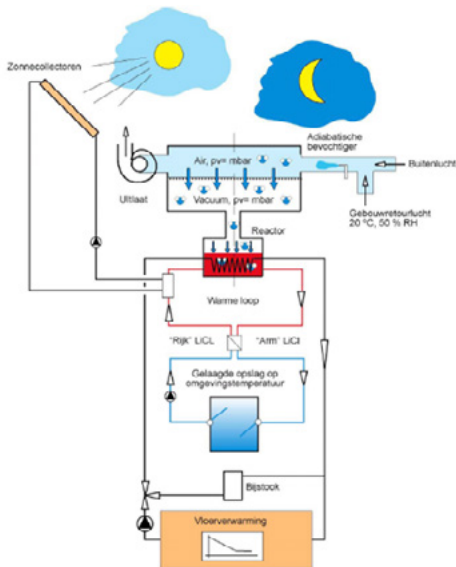
## Technieken &amp; Concepten

## Literatuurstudie reactorontwerpen 'Thermochemische Materialen' (TCM)

Deze studie geeft een overzicht van de literatuur over reactorontwerpen voor thermochemische materialen (TCM).

Thermochemische materialen zijn bedoeld als seizoensopslag voor zonnewarmte. Deze studie biedt een literatuuroverzicht van de verschillende reactorontwerpen voor de fabricage van thermochemische materialen tot 2008. Het rapport omvat veel gedetailleerde informatie over het proces in de reactoren.

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



Schematische weergave van het membraan-sortatiesysteem voor langetermijnsopslag van zonne-energie.



Gegevens studie

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| Auteur:          | H.A. Zondag (ECN) e.a. |
| Doelgroep:       | onderzoekers           |
| Fase planproces: | productontwikkeling    |
| Huidige stand:   | afgerond in 2008       |
| Bron:            | EOS LT WAELS           |

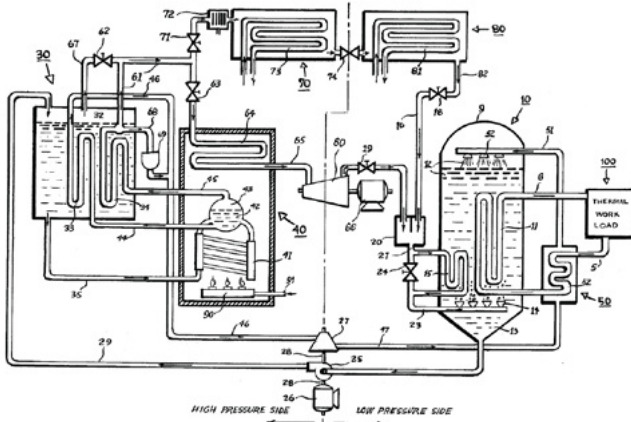
Technieken & Concepten

Overzicht van patenten ‘ThermoChemische Materialen’ (TCM)

Dit rapport geeft een overzicht van de patenten die tot 2008 zijn geregistreerd voor thermochemische materialen (TCM).

Het rapport omvat veel gedetailleerde informatie over onder andere de chemische processen, de reactoren en de materiaalkarakteristieken.

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



Patent: Hartman, 1977, US4009575



**Gegevens studie**

|                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | V. M. van Essen (ECN) e.a. |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers               |
| <b>Fase planproces:</b> | productontwikkeling        |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2009           |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT WAELS               |

**Technieken & Concepten**

## Seizoensopslag van zonnewarmte door magnesiumsulfaat heptahydraat

In dit onderzoek is de thermische opslagcapaciteit van het zout magnesiumsulfaat heptahydraat ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) onderzocht, voor seizoensopslag van zonnewarmte.

De onderzoekers keken naar de opgeloste en gedroogde varianten van magnesiumsulfaat heptahydraat. Gebleken is dat door het toepassen van dit zout de opslag van zonnewarmte vertienvoudigd kan worden vergeleken met opslag in water met hetzelfde volume. De warmte in dit onderzoek was afkomstig van een vacuümbuiscollector.

**Warmte niet volledig afgeven**

De warmteafgifte van magnesiumsulfaat heptahydraat is erg afhankelijk van onder andere de druk van de waterdamp en de temperatuur. Onder optimale omstandigheden ( $P_{\text{H}_2\text{O}}=12$  mbar en  $T=50^\circ\text{C}$ ) kon het materiaal zijn warmte niet volledig afgeven. Ondanks dit probleem kregen de onderzoekers toch inzicht in de werking van magnesiumsulfaat heptahydraat. Het onderzoek biedt een methode die toegepast kan worden bij onderzoeken naar de opslagcapaciteit van andere zouten.

*Wat is de thermische opslagcapaciteit magnesiumsulfaat heptahydraat?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Frans Koene (ECN) e.a.  |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers, adviseurs, conceptaanbieders, woningcorporaties en particuliere verhuurders |
| <b>Fase planproces:</b> | conceptontwikkeling en projectvoorbereiding   |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2009  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT RIGOUREUS  |

**Technieken & Concepten**

## *Rigoreus: Renovatieconcepten voor 75 procent energiebesparing*

**Rigoreus ontwikkelde vijf renovatieconcepten voor naoorlogse rijtjeshuizen. Doel: een reductie van 75 procent op het totale energiegebruik. Daarnaast deden de onderzoekers een aanzet voor een beslissingsondersteuningsmodel voor woningeigenaren.**

[De samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Beleid & Proces.](#)

**Gegevens studie****Auteur:** Ragna Clocquet (DHV) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers, adviseurs en conceptontwikkelaars**Fase planproces:** conceptontwikkeling**Huidige stand:** afgerond in 2009**Bron:** EOS LT RIGOREUS**Technieken & Concepten***Verkenning nationale en internationale ontwikkelingen***Dit verkennende onderzoek geeft inzicht in nationale en internationale ontwikkelingen rond energie-efficiënt renoveren.**

Doel van het RIGOREUS-project is om innovatieve renovatieconcepten te ontwikkelen voor woningen, waarbij een verlaging van 75 procent van het totale (primaire) energieverbruik wordt nagestreefd voor rijtjeswoningen. Dit verkennende onderzoek inventariseerde de nationale en internationale ontwikkelingen in energie-efficiënt renoveren. Zo kon men vaststellen waar de hiaten in het energiezuinig renoveren liggen, technisch, sociaaleconomisch en procesmatig.

**Stappenplan**

Het onderzoek geeft de verschillende stappen voor vergaande energiebesparing in renovatieprocessen weer in een stappenplan. Dit plan is afgeleid van de Kyoto-piramide. De aanpak begint aan de basis van de piramide:

1. Vraagbeperking ruimteverwarming: vraagbeperking heeft zowel betrekking op bouwkundige als installatietechnische onderdelen van een woning.
2. Verminderen elektriciteitsverbruik: welke mogelijkheden zijn er om de vraag naar elektriciteit (huishoudelijke energie) te verminderen?

3. Het gebruik van gebouwgebonden duurzame bronnen en passieve zonne-energie. Dit betreft project/gebouwgebonden bronnen (bijvoorbeeld PV op het dak).
4. Efficiënte regeling/beheer: dit betreft met name efficiënte regeling en beheer van elektriciteitsverbruik.
5. Duurzame bron, extern: inzet van een externe, duurzame energiebron voor de restenergievraag, bijvoorbeeld decentrale elektriciteitsopwekking, PV of wind. Deze laatste stap wordt bij het RIGOREUS-project niet meegerekend bij de uiteindelijke energiereductie.

*Waar zitten de hiaten in het energiezuinig renoveren?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie****Auteur:** Clarine van Oel (TU Delft) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers, adviseurs, conceptaanbieders, woningcorporaties en particuliere verhuurders**Fase planproces:** conceptontwikkeling**Huidige stand:** afgerond in 2009**Bron:** EOS LT RIGOUREUS**Technieken & Concepten***Beslissingsondersteuningsmodellen*

Welke niet-technologische barrières zijn er voor de introductie en opschaling van innovatieve renovatieconcepten? Dit onderzoek biedt inzicht in beslismodellen en barrières voor het realiseren van projecten met hoge ambities.

[De samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Beleid & Proces.](#)

**Gegevens studie****Auteur:** Ragna Clocquet (DHV) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers, adviseurs en conceptontwikkelaars**Fase planproces:** conceptontwikkeling**Huidige stand:** afgerond in 2009**Bron:** EOS LT RIGOUREUS**Technieken & Concepten****Renovatieconcepten en bouwstenen****Deze studie stelde integrale energie-renovatieconcepten samen uit nul-maatregelen en bouwstenen.**

Doel van het RIGOREUS-project was innovatieve renovatieconcepten te ontwikkelen voor woningen, waarbij een verlaging van 75 procent van het totale (primaire) energieverbruik wordt nagestreefd voor rijtjeswoningen. Dit deelonderzoek keek in drie rapportages naar nul-maatregelen, bouwstenen en renovatieconcepten.

**Maatregelen**

De renovatieconcepten zijn opgebouwd uit een selectie van maatregelen, nul-maatregelen genoemd. Hierover gaat de eerste rapportage. Het gaat om vraagbeperkende maatregelen, duurzame energietechnieken en maatregelen voor het verbeteren van de energie-efficiëntie van apparaten. Er zijn 11 beoordelingscriteria/randvoorwaarden opgesteld waaraan de maatregelen getoetst zijn. Met de nul-maatregelen zijn drie basisbouwstenen samengesteld, ieder met een ander ambitieniveau.

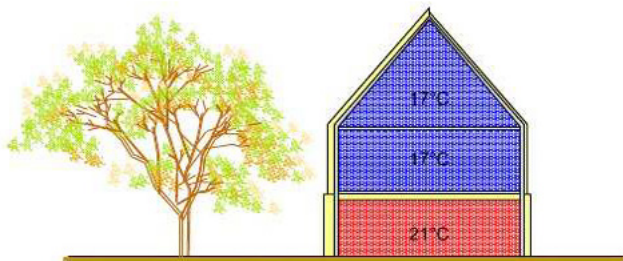
**Bouwstenen en concepten**

De tweede rapportage draagt een aantal mogelijke toevoegingen aan voor deze basisbouwstenen, waarmee extra energiereductie mogelijk wordt. Voorbeelden van bouwstenen zijn: zonerings, exergie, vraag en aanbod afstemmen en het verminderen van elektriciteitsgebruik. De derde rapportage combineert deze bouwstenen en

nul-maatregelen tot concepten voor 75 procent energiebesparing. Met de kennis uit dit onderzoek moet het mogelijk zijn om meer concepten samen te stellen of concepten te verfijnen.

*Uit welke maatregelen en bouwstenen bestaan innovatieve renovatieconcepten?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



Schematische voorstelling van zonerings van een woning.



### Gegevens studie

**Auteur:** Ben Bronsema (TU Delft) e.a.

**Doelgroep:** onderzoekers, installatie/  
klimaatadviseurs en architecten

**Fase planproces:** initiatief en ontwerp

**Huidige stand:** afgerond in 2012

**Bron:** EOS LT EARTH, WIND & FIRE



Proefopstelling van een zonneshoorsteen

## Technieken & Concepten

### De zonneshoorsteen

**In dit onderzoek zijn de werking en toepasbaarheid van de zonneshoorsteen onderzocht voor een energieneutraal kantoorconcept waarin een optimaal binnenklimaat wordt bereikt zonder ventilatoren.**

In het project Earth, Wind & Fire zijn zon, wind, geothermische energie en zwaartekracht ingezet voor de klimaatregeling van een gebouw. Daarvoor zijn verschillende technieken uitgewerkt. In dit deelonderzoek is de werking en de toepasbaarheid van de zonneshoorsteen onderzocht, in een concept waar een optimaal binnenklimaat wordt bereikt met een airconditioning zonder ventilatoren.

#### Technische werking

Een zonneshoorsteen is een kanaal dat aan de zonzijde is uitgevoerd in glas. De zon verwarmt de achterliggende wand en daarmee de lucht waardoor er thermische trek in het kanaal ontstaat. Die thermische trek zuigt ventilatielucht af. De ingevangen zonne-energie kan 'geogst' worden met een warmtewisselaar aan de top van de zonneshoorsteen. De warmte wordt afgegeven aan een medium, waarna het opgeslagen wordt in de bodem onder het gebouw.

#### Thermische prestatie

Het is vooral de breedte die de thermische prestatie van een zonneshoorsteen bepaalt bij een bepaalde gebouwhoogte. De capaciteit wordt minimaal afgestemd op het af te zuigen luchtdebiet bij referentiecondities. Deze zijn in het onderzoek arbitrair vastgesteld op 200° C buitentemperatuur bij een stralingsflux van 400 W.m<sup>2</sup>. Bij toepassing van een goede glassoort ligt het te behalen jaarrendement rond de 60 procent. De totale straling op een op het zuiden georiënteerd vlak was in het referentiejaar (NEN 5060:2008) circa 860 kWh.m<sup>2</sup>. Daardoor kan per vierkante meter zonneshoorsteen een opbrengst van circa 500 kWh worden verwacht.

### Wat is de opbrengst van een zonneshoorsteen?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



### Gegevens studie

|                  |   |
|------------------|---|
| Auteur:          | Ben Bronsema (TU Delft) e.a.                                  |
| Doelgroep:       | onderzoekers, installatie/<br>klimaatadviseurs en architecten |
| Fase planproces: | initiatief en ontwerp   |
| Huidige stand:   | afgerond in 2011  |
| Bron:            | EOS LT EARTH, WIND & FIRE                                     |

## Technieken & Concepten

# Natuurlijke ventilatie en wind

Dit deelonderzoek kijkt naar de werking en de toepasbaarheid van natuurlijke ventilatie met het Ventecdak<sup>®</sup> voor een energieneutraal kantoorconcept waarin een optimaal binnenklimaat wordt bereikt zonder ventilatoren.

Het Earth, Wind & Fire-concept gebruikt met behulp van het Ventecdak<sup>®</sup> de wind als drijvende kracht voor natuurlijke ventilatie van gebouwen en voor het opwekken van energie. Op basis van literatuuronderzoek geven de onderzoekers een overzicht van de belangrijkste aspecten die hierbij van belang zijn, zoals de invloed van thermiek en terreinruwheid, de dagelijkse variaties van de wind en de invloed van obstakels.

### Ontwikkeling van het Ventecdak<sup>®</sup>

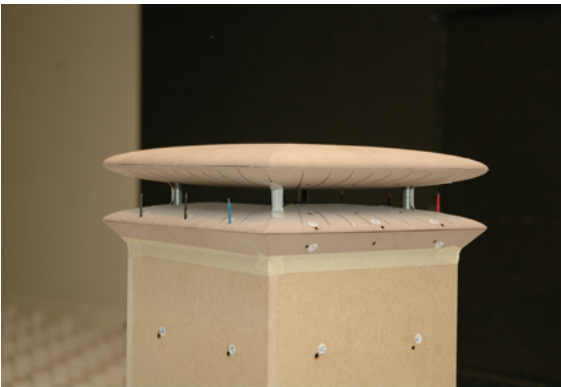
De studie startte met een onderzoek naar natuurlijke ventilatie en wind. Daarna werd het onderzoek verbreed en verdiept met de ontwikkeling van het Ventecdak<sup>®</sup> en de integratie van windturbines in het Ventecdak<sup>®</sup>. Deze produceren samen met een PV-dakbedekking elektrische energie voor een sproeiwaterpomp en de hulpventilatoren in het geo-klimaatconcept. De vorm van het Ventecdak<sup>®</sup> is zo gekozen dat er onder invloed van wind trek in het ventilatiekanaal ontstaat. Verder zijn randvoorwaarden geformuleerd voor optimalisering van de prestatie in een stedenbouwkundige context.

### Gevalideerde modellen

In het onderzoek is, via modelleren, simuleren, kalibreren en valideren, gekeken hoe het dak inzetbaar is als drijvende kracht voor ventilatie, zowel voor luchttoevoer als voor luchtafzuiging. Het simpele analytische model van de venturi uit het vooronderzoek is in numerieke simulaties en windtunnelonderzoek verder ontwikkeld naar gevalideerde modellen voor de dimensionering en de prestatieberekening van het Ventecdak<sup>®</sup>. In 2015 wordt het concept Ventecdak verder getest en zal het worden toegepast op een [te bouwen hotel in Amsterdam](#).

## Hoe is het dak inzetbaar als drijvende kracht voor ventilatie?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



Model van het Ventecdak met drukopnemers en NTC-thermistors in de wind.



### Gegevens studie

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Auteur:</b>          | Ben Bronsema (TU Delft) e.a.                     |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en installatie/<br>klimaatadviseurs |
| <b>Fase planproces:</b> | initiatief en ontwerp                            |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2012                                 |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT EARTH, WIND & FIRE                        |



Testopstelling Klimaatcascade in het lab van Peutz

## Technieken & Concepten

# Onderzoek Klimaatcascade en geo-klimaatconcept

**De Klimaatcascade is een door zwaartekracht geactiveerde warmtewisselaar voor de conditionering van ventilatielucht, uitgevoerd als bouwkundige schacht. Dit onderzoek ging over het modelleren, simuleren, kalibreren en valideren van de psychometrische prestaties daarvan.**

Kern van het klimaatsysteem is de Klimaatcascade<sup>®</sup>. Hierin wordt de ventilatielucht naar behoefte gekoeld of verwarmd, gedroogd of bevochtigd. Aan de top wordt via sproeiers water van circa 130° C toegevoerd, waarbij door impulsoverdracht van druppels op lucht de neerwaartse luchtbeweging vanuit de overdrukruimte wordt versterkt. Deze aerodynamische druk maakt samen met de hydraulische druk en de neerwaartse thermische trek ventilatoren overbodig.

### Fysieke testopstelling

Het onderzoek was gericht op het modelleren, simuleren, kalibreren en valideren van de psychometrische prestaties van een Klimaatcascade<sup>®</sup>. Door een combinatie van simulaties en metingen in een fysieke testopstelling ontwikkelden de onderzoekers een gevalideerd model voor het ontwerp en de prestatieberekening van een Klimaatcascade<sup>®</sup>.

Met geavanceerde numerieke CFD-simulaties selecteerden ze sproeiers voor de fysieke testopstelling, waarna een goed beeld ontstond van de psychometrie in een Klimaatcascade<sup>®</sup>. Het Excel-rekenmodel en het CFD-simulatiemodel zijn in een fysieke testopstelling

gevalideerd. Beide modellen bleken de psychometrische prestaties van een Klimaatcascade<sup>®</sup> met een hoge mate van nauwkeurigheid te kunnen berekenen. Op basis van de fysica achter het Excel-rekenmodel is een dynamisch simulatiemodel in ESP-r ontwikkeld dat de energieprestaties van een Klimaatcascade<sup>®</sup> in een referentiejaar kan voorspellen.

## Wat zijn de energieprestaties van een Klimaatcascade?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



**Gegevens studie****Auteur:** Ben Bronsema (TU Delft) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers, installatie/  
klimaatadviseurs en ontwerpers**Fase planproces:** initiatief en ontwerp**Huidige stand:** afgerond in 2012**Bron:** EOS LT EARTH, WIND & FIRE**Technieken & Concepten***Binnenmilieu: symbiose van Architectuur en  
klimaattechniek*

Dit onderzoek richtte zich op een kantoorconcept met energiezuinige airconditioning zonder ventilatoren, met als einddoel een energieneutraal en zelfs energieleverend gebouw.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)

**Gegevens studie****Auteur:** Frans de Haas (Projectgroep DEPW) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers**Fase planproces:** conceptontwikkeling**Huidige stand:** afgerond in 2012**Bron:** EOS LT DP 2015**Technieken & Concepten**

## *Duurzame Projectontwikkeling na 2015: adaptieve renovatieconcepten*

Wat zijn de ingrediënten van adaptieve woning- en renovatieconcepten die voldoen aan de eis van 75 procent CO<sub>2</sub>-reductie en 60 procent lokaal duurzaam opgewekte elektriciteit? Dat is het onderwerp van dit onderzoek.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Jelle Persoon (BouwhulpGroep)<br>e.a.   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en partijen die betrokken zijn bij de ontwikkeling van energiezuinige woning- of renovatieconcepten of componenten |
| <b>Fase planproces:</b> | conceptontwikkeling   |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2007  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015  |

**Technieken & Concepten***Toekomstverkenning duurzaam bouwen, werken en wonen na 2015*

**Dit onderzoek biedt inzicht in de huidige ontwikkelingen in wonen en bouwen en geeft een toekomstverkenning naar het duurzaam bouwen en wonen na 2015.**

Het ontwikkelen van energiezuinige concepten voor de toekomst vraagt om inzicht in trends die een beeld geven van het toekomstige wonen, bouwen en renoveren. Deze zijn afhankelijk van economische, demografische en sociaal-culturele ontwikkelingen. De volgende vragen worden in het onderzoek beantwoord: welke eisen stelt men na 2015 aan het comfort van het wonen? En hoe kan daarin voorzien worden, gezien bouwwijze en de manier waarop woningen tot stand komen na 2015?

vaker systemen aangeboden waarin meerdere componenten al zijn geïntegreerd.

*Welke eisen stelt men na 2015 aan het wooncomfort?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

Het doel van de analyse is niet alleen om toekomstige ontwikkelingen te laten zien, maar ook om standpunten in conflicten en knelpunten in te (laten) nemen en daarmee oplossingsrichtingen aan te geven.

**Trends in wonen en bouwen**

Trends in het wonen na 2015 zijn bijvoorbeeld dat de zeggenschap van bewoners toeneemt, de huishoudensamenstelling verandert en het wonen binnen een woning steeds individueller wordt. Voorbeelden van trends in de bouwproductie zijn dat deze zich vooral richt op nieuwbouw en schaalvergroting. Ook consumentgericht bouwen is een belangrijke factor. Daarnaast worden



### Gegevens studie

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Stanley Kurvers (TU Delft) e.a.   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers, bouwfysisch adviseurs en partijen die betrokken zijn bij de ontwikkeling van energiezuinige woning- of renovatieconcepten of installaties |
| <b>Fase planproces:</b> | conceptontwikkeling   |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2012  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015  |

## Technieken & Concepten

### Literatuurstudie thermisch comfort

**Deze literatuurstudie was gericht op het verkrijgen van kennis over en inzicht in (adaptief) thermisch comfort in woningen, ter onderbouwing van criteria, uitgangspunten en richtlijnen voor een adaptieve woning.**

Het meeste onderzoek naar adaptief thermisch comfort gaat over thermisch comfort in het algemeen of is specifiek gericht op kantoren. In woningen is minder onderzoek gedaan. Toch kan onderzoek in kantoren inzicht geven in de mechanismen van adaptief thermisch comfort in woningen.

#### Nauwe grenzen

De literatuurstudie concludeert: 'thermisch comfort is een gemoedstoestand die tevredenheid met de thermische omgeving aangeeft'. De huidige richtlijnen en normen voor thermisch comfort zijn afgeleid van laboratoriumonderzoek en een abstractie van de werkelijkheid. Daardoor wordt in grote delen van de wereld een universeel temperatuurgebied met nauwe grenzen gehanteerd. Deze blijken strenger dan nodig en leiden in de praktijk tot ontevredenheid, gezondheidsklachten en een onnodig hoog energiegebruik.

#### Variatie

Thermisch comfort is voor een groot deel afhankelijk van het evolutionair ontwikkelde vermogen van de mens zich aan te passen aan de omgeving en de omgeving aan te passen aan zichzelf. Een complex systeem van ervaring,

verwachting, context, verschillende adaptieve mogelijkheden en acties maakt dat mensen naar een comfortabele omgeving streven en dat bereiken binnen ruimere grenzen dan de huidige normen aangeven. Daarnaast zijn er bijvoorbeeld aanwijzingen dat mensen de voorkeur geven aan een zekere mate van variatie van de temperatuur in plaats van een constante temperatuur. Nog een stap verder gaat de theorie dat variatie essentieel is voor de gezondheid.

### Wat zijn de mechanismen van adaptief thermisch comfort in woningen?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



### Gegevens studie

|                  |                                       |
|------------------|---------------------------------------|
| Auteur:          | W.F. de Gids (TNO) e.a.               |
| Doelgroep:       | onderzoekers en bouwfysisch adviseurs |
| Fase planproces: | techniek- en conceptontwikkeling      |
| Huidige stand:   | afgerond in 2011                      |
| Bron:            | EOS LT DP 2015                        |

## Technieken & Concepten

# Ventilatie, achtergrond van de eisen

Dit literatuuronderzoek gaat over ventilatie-eisen en de achtergrond daarvan. Ook is gekeken welk onderzoek noodzakelijk is om de ventilatie-eisen beter te onderbouwen.

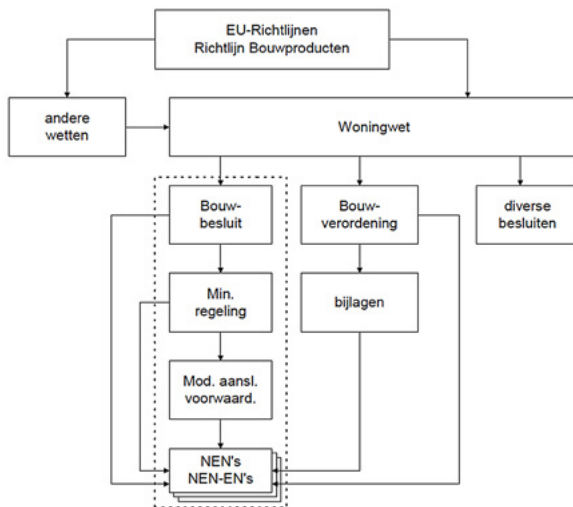
Ventilatie van gebouwen is nodig om de mensen die er verblijven van voldoende verse lucht te voorzien en om mogelijke verontreinigingen af te voeren. Dit onderzoeksrapport geeft door middel van een literatuurstudie inzicht in de belangrijke menselijke bio-effluenten (stoffen die het menselijk lichaam afgeeft). Het beschrijft de ventilatie-eisen in historisch perspectief, analyseert de mogelijke achtergronden en probeert inzicht te geven in noodzakelijk onderzoek om de ventilatie-eisen beter te onderbouwen.

### Bouwbesluit

In het onderzoek komt ook het Bouwbesluit aan bod, waarin de overheids-eisen voor luchtverversing zijn ondergebracht in het hoofdstuk 'Voorschriften uit het oogpunt van gezondheid'. De eisen voor luchtverversing (= ventilatie) voor woningen zijn afgeleid uit de eerste ventilatienorm NEN 1087 [21].

## Hoe kunnen we ventilatie-eisen beter onderbouwen?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



### Conclusies

Het onderzoek trekt diverse conclusies. Zoals dat vrijwel alle ventilatie-eisen zijn gebaseerd op onderzoek uit de 19e eeuw. En dat vrijwel alle onderzoeken die aan de ventilatie-eisen ten grondslag liggen, zijn gebaseerd op het ervaren van geuren, geproduceerd door menselijke, aerosole afscheidingsproducten. Andere zaken die aan bod komen zijn verschil in geurhinder voor personen die in een ruimte verblijven en personen die diezelfde ruimte bezoeken, kooldioxide als indicator voor de luchtkwaliteit, CO<sub>2</sub>-productie door personen en internationale verschillen in ventilatie-eisen.

Relatie tussen de verschillende voorschriften voor ventilatie

**Gegevens studie**

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| <b>Auteur:</b>          | P. de Jong (TNO) e.a. |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers          |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek             |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2012      |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015        |

**Technieken & Concepten**

## Proefkameronderzoek attentieniveau bij beperkte ventilatie

**Dit proefkameronderzoek keek hoe mensen in een situatie met beperkte ventilatie scoren op alertheid en attentieniveau. Is dit na verloop van tijd lager dan in een situatie met ruim voldoende ventilatie?**

Uit literatuurstudies in EOS LT DP 2015 blijkt dat de ventilatie-eisen meestal gebaseerd zijn op het ervaren van geuren als gevolg van menselijke bio-effluenten, met de CO<sub>2</sub>-concentratie als indicator. Over het effect van bio-effluenten op de gezondheid en de prestaties van mensen is echter weinig bekend. Wel zijn er aanwijzingen dat bij beperkte ventilatie de alertheid en het attentieniveau zouden kunnen afnemen. De hypothese: bij beperkte ventilatie scoren mensen na verloop van tijd lager op alertheid en attentieniveau dan in een situatie met ruim voldoende ventilatie.

**Proefkameronderzoek**

Om deze hypothese te toetsen is als pilotstudie een proefkameronderzoek uitgevoerd: 13 personen ondergingen testen tijdens twee middagen, op drie momenten. Het ging om TNO-medewerkers die zichzelf hebben aangemeld en die vrijwel dagelijks met een computer of laptop werken. De testen vonden plaats in een geklimatiseerde proefkamer.

**Nader onderzoek**

Uit de resultaten van de reactietest blijkt deze computertest onvoldoende geschikt voor het vaststellen van vermoeidheid. De resultaten zijn niet significant en er is sprake van een grote spreiding. Het is waarschijnlijk dat andere factoren een grotere invloed hebben op de resultaten van deze test dan het aangeboden ventilatieniveau. Nader onderzoek is noodzakelijk.

*Wat is het effect van bio-effluenten op de gezondheid en prestaties van mensen?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



### Gegevens studie

|                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | W.F. de Gids (TNO) e.a.               |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en bouwfysisch adviseurs |
| <b>Fase planproces:</b> | techniek- en conceptontwikkeling      |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011                      |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015                        |

## Technieken & Concepten

# Effecten en gevolgen van ventilatie

**Deze studie was gericht op de effecten en gevolgen van ventilatie, in het kader van het project 'Duurzame Projectontwikkeling gebaseerd op duurzaam bouwen, renoveren en wonen na 2015'. Doel: de werking van vraaggestuurde ventilatie te optimaliseren.**

Het onderzoek geeft inzicht in wat ventilatie betekent en hoe deze in de toekomst kan worden gestuurd. Het houdt rekening met bepalende variabelen bij het verontreinigen van de binnenlucht en het realiseren van een comfortabel binnenklimaat. Hierbij gaat het om effecten van ventilatie op bijvoorbeeld de mogelijke verstoring van het thermisch comfort door te hoge lichtsnelheden, het cognitief en fysiek presteren van mensen en het energiegebruik van gebouwen.

Niet meegenomen in dit onderzoek zijn de effecten en gevolgen van ventilatie voor verontreinigingen die van buiten de woning kunnen komen.

## Hoe optimaliseer je de werking van vraaggestuurde ventilatie?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

### Conclusies

De conclusies die het onderzoek trekt gaan bijvoorbeeld over:

- de belangrijkste agentia die het binnenmilieu bepalen en ventilatiegerelateerd zijn;
- de beperkingsstrategie voor de blootstelling van mensen binnenshuis;
- de minimumventilatie per vierkante meter vloeroppervlakte;
- vochtafvoer, energiegebruik en vraagsturing.

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Ad van der Aa (Cauberg-Huygen)<br>e.a.              |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers, ontwerpers en<br>conceptontwikkelaars |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek en ontwerp                                |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011                                    |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015                                      |

**Technieken & Concepten***Klimaatactieve bouwdelen*

Dit onderzoek gaat over het ontwerpen van integrale bouwconcepten met klimaatactieve bouwelementen. Hierbij is gekeken naar technische aspecten en naar de ontwerp- en ontwikkelstrategie van gebouwen.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)



**Gegevens studie****Auteur:** Noortje Alders (TU Delft) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers en ontwerpers**Fase planproces:** onderzoek en ontwerp**Huidige stand:** afgerond in 2012**Bron:** EOS LT DP 2015**Technieken & Concepten***Duurzame comfortinstallaties*

Met inzicht in het vraagprofiel van een woning kan gezorgd worden voor een adequaat binnenklimaat met een zo efficiënt mogelijke inzet van energie, in de woning en op wijkniveau. Dit onderzoek geeft de uitgangspunten hierbij.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)

**Gegevens studie**

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | Arjen Raue (TU Delft) e.a.     |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers     |
| <b>Fase planproces:</b> | conceptontwikkeling en ontwerp |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2014               |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT LowEx                   |

**Technieken & Concepten***Samenvattend eindrapport LowEx*

**Exergie kan vernieuwend inzicht geven in de samenhang tussen menselijke behoeften (gezondheid en comfort) en efficiënte inzet van energiesystemen (warmte en elektriciteit) in de gebouwde omgeving. Dit onderzoek verkent de mogelijkheden van de exergetische systeembenadering hiervoor.**

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)



### Gegevens studie

|                  |                                    |
|------------------|------------------------------------|
| Auteur:          | Lisje Schellen (TU Eindhoven) e.a. |
| Doelgroep:       | onderzoekers                       |
| Fase planproces: | onderzoek en conceptontwikkeling   |
| Huidige stand:   | afgerond in 2012                   |
| Bron:            | EOS LT LowEx                       |

## Technieken & Concepten

# Optimaal thermisch comfort

**Dit deelonderzoek was gericht op het vergroten van de kennis over de interactie tussen het gebouwstelsel, binnenklimaat en de menselijke fysiologie.**

Dit deelonderzoek ontwikkelde kennis over laag-exergische warmte- en koude-afgiftesystemen in relatie tot een goed thermisch comfort. Daarnaast was het doel meer kennis te ontwikkelen over de interactie tussen het systeem, het binnenklimaat en het menselijk lichaam. Zo wordt het mogelijk optimale systemen te ontwerpen voor de levering van warmte, koude en verse lucht.

### Complex fenomeen

Thermisch comfort is een complex fenomeen: het wordt behalve door de omgeving ook door persoonsgebonden factoren bepaald. In de huidige bouwpraktijk gebruikt men tijdens de ontwerpfase vaak het PMV-model (predicted mean vote), maar in de praktijk blijkt dat het daadwerkelijke thermisch comfort van individuele gebouwgebruikers significant kan afwijken.

Dit is te verklaren doordat de model een voorspelling doet voor de gemiddelde voorkeur van een grote groep mensen, terwijl in praktijk individuele verschillen een rol spelen, zowel op psychologisch als op fysiologisch vlak. Ook is het PMV-model niet geschikt voor dynamische en niet-uniforme omgevingen, zoals die bij laag-exergische klimaatsystemen kunnen voorkomen.

### ThermoSEM

Met een alternatief thermofysiologisch model, zoals het door de Universiteit Maastricht ontwikkelde ThermoSEM, is het mogelijk om gedetailleerd, op basis van individuele lichaamskarakteristieken, de fysiologische responsies te voorspellen onder gecombineerde asymmetrische randvoorwaarden. Aan de hand hiervan is het beter mogelijk om het thermisch comfort te voorspellen.

## Hoe voorspel je thermisch comfort?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie****Auteur:** Sabine Jansen (TU Delft) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers**Fase planproces:** onderzoek en  
conceptontwikkeling**Huidige stand:** afgerond in 2012**Bron:** EOS LT LowEx**Technieken & Concepten***Toepassen van het exergieconcept in de gebouwde omgeving*

Deze studie kijkt wat de toegevoegde waarde van exergie kan zijn voor het beoordelen en ontwikkelen van energiesystemen voor de gebouwde omgeving.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)



### Gegevens studie

|                  |  |
|------------------|--|
| Auteur:          | Bram Entrop (Universiteit Twente)                |
| Doelgroep:       | onderzoekers en fabrikanten                      |
| Fase planproces: | Fase planproces: product- en conceptontwikkeling |
| Huidige stand:   | afgerond in 2013                                 |
| Bron:            | EOS LT LowEx                                     |

## Technieken & Concepten

# Beoordeling van energietechnieken en maatregelen in de woningbouw

**Er zijn veel energiebesparende technieken en maatregelen (Energy Techniques and Measures (ETM's)) beschikbaar. Dit onderzoek biedt ontwikkelaars en fabrikanten een kader om de potenties ervan te beoordelen.**

Dit promotieonderzoek (in het kader van EOS LT LowEX) biedt inzicht in de gevolgen daarvan op het werkelijke energiegebruik, op de theoretische energieprestatie-index (EI), de financiële gevolgen van de investeringen, de jaarlijkse kasstromen en de belangen van de betrokkenen.

De onderzoekers stelden onder meer vast dat ETM's niet per se een verbeterde theoretische energieprestatie hebben, hoewel ze wel effect hebben op het werkelijke energieverbruik. Ook kwam naar voren dat ETM's niet vanzelfsprekend financiële voordelen voor de bewoners hebben, hoewel ze het energieverbruik wel verminderen.

### Belemmeringen

In het onderzoek zijn vijf belemmeringen genoemd voor de toepassing van nieuwe ETM's in de woningbouw:

- de complexiteit van het energiegebruik van woningen en bewoners (gedrag);
- de gereguleerde minimale energie-efficiëntie;
- de split incentive tussen belanghebbenden;

- de opbouw van de energiekosten;
- de constatering dat de voorgaande vier belemmeringen vaak wijzigen.

Ter verbetering van de implementatie is meer kennis/informatie nodig over de gevolgen van ETM's, toegepast in een specifieke woning en specifieke vorm van bewonen.

## Wat is de potentie van energiebesparende technieken en maatregelen?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



**Gegevens studie**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Auteur:</b>          | Stanley Kurvers (TU Delft) e.a.  |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers van installatie- en ventilatie-oplossingen voor kantoren, scholen en woningen |
| <b>Fase planproces:</b> | ontwerp van de installatie en conceptontwikkeling  |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011   |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT FACET   |

**Technieken & Concepten***Literatuuronderzoek naar een optimaal binnenmilieu*

**In deze literatuurstudie is gekeken naar state of the art kennis, inzichten, normen en richtlijnen voor de vaststelling van thermisch comfort voor een optimaal binnenmilieu.**

Thermisch comfort blijkt minder eenvoudig dan tot voor kort werd aangenomen. Het hangt onder andere af van het evolutionair ontwikkelde vermogen van de mens om zich aan te passen aan de omgeving, en de omgeving aan te passen aan zichzelf. Een complex systeem van ervaring, verwachting, context, adaptieve mogelijkheden en adaptieve acties maakt de grenzen ruimer dan de huidig normen. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat mensen de voorkeur geven aan een zekere variatie in plaats van een constante temperatuur. Ook blijkt variatie essentieel voor de gezondheid.

**Normen en richtlijnen**

Deze studie keek naar normen en richtlijnen ter vaststelling van de gewenste comfortgebieden en de effecten van het beoogde, verbeterde comfort voor de eindgebruiker (ten opzichte van standaard nieuwbouw). Daarbij zijn ook resultaten betrokken van eerder onderzoek naar kantoren, scholen en andere gebouwen. De studie is gedaan in het kader van EOS LT FACET.

Er zijn circa 110 bronnen bestudeerd. Van 90 daarvan is een samenvatting gemaakt, voor zover de inhoud relevant was. De bronnen zijn afkomstig uit verschillende journal papers, en proceedings van congressen, boeken en onderzoeksrapporten.

*Hoe stel je het gewenste thermisch comfort in een gebouw vast?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Stanley Kurvers (TU Delft) e.a.   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers van installatie- en ventilatieoplossingen voor kantoren, scholen en woningen |
| <b>Fase planproces:</b> | ontwerp van de installatie en conceptontwikkeling   |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT FACET  |

**Technieken & Concepten***Programma van eisen en wensen voor het binnenmilieu*

**In dit literatuuronderzoek is gekeken naar de eisen en wensen voor een comfortabel, gezond en productief binnenmilieu.**

In het project EOS LT FACET worden gevelsystemen ontwikkeld die moeten leiden tot energiebesparing én bijdragen aan een comfortabel en gezond binnenmilieu. Voor dat laatste, het binnenmilieu, is dit literatuuronderzoek uitgevoerd. Hierin zijn voor de verschillende onderwerpen de eisen en wensen gegeven voor een comfortabel, gezond en productief binnenmilieu. Bij iedere eis of wens staat een korte onderbouwing. Deze is weer gebaseerd op een uitgebreidere literatuurstudie naar de huidige state of the art kennis op het gebied van het binnenmilieu (zie Literatuuronderzoek naar een optimaal binnenmilieu).

De eisen en wensen gelden in principe voor activiteiten met een lage lichamelijke inspanning in kantoren, woningen en scholen.

*Wat zijn de eisen en wensen voor een comfortabel, gezond en productief binnenmilieu?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Joe Leijten (TU Delft) e.a.   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers van kantoren en installatie- en ventilatiesystemen |
| <b>Fase planproces:</b> | ontwerp van kantoren en installaties  |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT FACET  |

**Technieken & Concepten***Effecten van het binnenmilieu op de productiviteit en het ziekteverzuim*

Wat zijn de effecten van het binnenmilieu op de productiviteit van personen? Dat is de vraag die dit onderzoek probeert te beantwoorden. Denk aan temperatuur, thermisch comfort, luchtkwaliteit, ventilatie, vervuilingsbronnen, persoonlijke beïnvloeding en ruimte-indeling.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)



**Gegevens studie**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Auteur:</b>          | G.L.A.M. Swinkels (Wageningen UR) e.a.                                   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwikkelaars in de glastuinbouw                         |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek  |
| <b>Huidige stand:</b>   | onderzoeksrapport afgerond in 2011; het onderzoek loopt nog tot in 2015. |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT CAGIM   |

**Technieken & Concepten**

## Randvoorwaarden voor het binnenklimaat bij glastuinbouw

In deze studie zijn de randvoorwaarden vastgelegd voor het binnenklimaat van glastuinbouw. Dit is gedaan door middel van een literatuurstudie en interviews met plantendeskundigen.

De matching van de energiebehoefte en het -overschot van tuinbouwbedrijven onderling en tuinbouwbedrijven met industrie blijkt niet eenvoudig. Het overschot en de vraag op de bronbedrijven en de vraagbedrijven verlopen gedurende het jaar niet gelijktijdig. Uitdagingen zijn:

- de gelijktijdige behoefte aan warmte/koude gedurende het jaar in plaats van complementaire;
- lage energie-inhoud door lage temperatuur in de aquifer en het transportmedium;
- lange transportafstand;
- hoge opbrengst van elektriciteit ten opzichte van de kostprijs van productie via WKK (spark-spread).

Ontwikkelingen die hierin mogelijk verandering kunnen brengen zijn het in elkaars nabijheid plaatsen van bedrijven met warmte- en/of CO<sub>2</sub>-overschotten en gebieden met glastuinbouw (bijvoorbeeld in de Greenportgebieden). Maar ook het aanpakken van transportproblemen met bijvoorbeeld smart grids, het gezamenlijk bronnen van aardwarmte laten exploiteren door tuinbouw en industrie en het verhogen van de opslagtemperatuur in de aquifers (> 40°C).

**Blauwdruk**

Het onderzoek levert een blauwdruk voor het vereiste kasklimaat. Deze definieert wat de klimaateisen van drie typen plantenteelt zijn en de bijhorende energievraag. Daarnaast zijn scenario's ontwikkeld voor bij elkaar horende plantenteelt en daarbij passende energievraag van de omgeving. Ook zijn clusters van teelten verkend die elkaars reststromen van warmte en koude kunnen benutten.

## Hoe zijn de energiebehoefte en het -overschot te matchen?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Auteur:</b>          | Siebe Broersma (TU Delft) e.a.                                       |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers in de glastuinbouw en landelijke gebiedsontwikkeling    |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek  |
| <b>Huidige stand:</b>   | onderzoeksrapport afgerond in 2011; onderzoek loopt nog tot in 2015. |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT CAGIM   |

**Technieken & Concepten**

## Scenario's voor dynamische klimaateisen glastuinbouw

**Dit onderzoek stelde toekomstbestendige scenario's op voor de optimale koppeling van energieproducerende glastuinbouw en energievragende gebouwen/industrieën.**

De glastuinbouwsector in Nederland gebruikte in 2008 113,7 PJ aan fossiele energie – praktisch volledig aardgas – in warmtekrachtinstallaties. Dit is 82 procent van de totale agrarische sector en ruim 4 procent van het totale verbruik van Nederland. Kassen hebben nauwelijks massa en reageren dus extreem snel op wisselende omstandigheden buiten en binnen. Naar schatting is voor de warmte- en koudevraag met Climate Adaptive Building Shells (CABS) een energiebesparing te halen van 70 tot 84 procent.

In dit deelonderzoek van CAGIM zijn scenario's opgesteld voor:

- dynamische klimaateisen aan verschillende plantenteelten;
- de clustering van teelt en de optimale koppeling van glastuinbouw en gebouwde omgeving/industrie.

**Regionale energieplanning**

Ze maken een verkenning mogelijk van clustering van teelten en de uitwisseling van warmte/koude-overschotten met woonwijken, kantoren of datacenters. Ook wordt zo exergy mapping mogelijk tussen glastuinbouw en gebouwde omgeving op lokaal en regionaal niveau. Exergy mapping houdt rekening met de relatieve kwaliteit

van energiebronnen en energieaanbod en is zeer geschikt voor de analyse van regionale energieplanning.

*Hoe is de energieproducerende glastuinbouw te koppelen aan de energievragende omgeving?*

[Ga naar de volledige publicatie.](#)

**Gegevens studie****Auteur:** Frans de Haas (Projectgroep DEPW) e.a.**Doelgroep:** onderzoekers**Fase planproces:** conceptontwikkeling**Huidige stand:** afgerond in 2012**Bron:** EOS LT DP 2015**Gedrag & Fysiologie***Duurzame Projectontwikkeling na 2015:  
adaptieve renovatieconcepten*

Wat zijn de ingrediënten van adaptieve woning- en renovatieconcepten die voldoen aan de eis van 75 procent CO<sub>2</sub>-reductie en 60 procent lokaal duurzaam opgewekte elektriciteit? Dat is het onderwerp van dit onderzoek.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Stanley Kurvers (TU Delft) e.a.   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers, bouwfysisch adviseurs en partijen die betrokken zijn bij de ontwikkeling van energiezuinige woning- of renovatieconcepten of installaties |
| <b>Fase planproces:</b> | conceptontwikkeling   |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2012  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015  |

**Gedrag & Fysiologie***Literatuurstudie thermisch comfort*

**Deze literatuurstudie was gericht op het verkrijgen van kennis en inzicht over (adaptief) thermisch comfort in woningen, ter onderbouwing van criteria, uitgangspunten en richtlijnen voor een adaptieve woning.**

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Technieken & Concepten.](#)

**Gegevens studie**

|                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | W.F. de Gids (TNO) e.a.               |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en bouwfysisch adviseurs |
| <b>Fase planproces:</b> | techniek- en conceptontwikkeling      |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011                      |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015                        |

**Gedrag & Fysiologie***Ventilatie, achtergrond van de eisen*

Dit literatuuronderzoek gaat over ventilatie-eisen en de achtergrond daarvan. Ook is gekeken welk onderzoek noodzakelijk is om de ventilatie-eisen beter te onderbouwen.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Technieken & Concepten.](#)

**Gegevens studie**

|                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | W.F. de Gids (TNO) e.a.               |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en bouwfysisch adviseurs |
| <b>Fase planproces:</b> | techniek- en conceptontwikkeling      |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011                      |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015                        |

**Gedrag & Fysiologie***Effecten en gevolgen van ventilatie*

Deze studie was gericht op de effecten en gevolgen van ventilatie, in het kader van het project 'Duurzame Projectontwikkeling gebaseerd op duurzaam bouwen, renoveren en wonen na 2015'.  
**Doel:** de werking van vraaggestuurde ventilatie optimaliseren.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Technieken & Concepten.](#)

**Gegevens studie**

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| <b>Auteur:</b>          | P. de Jong (TNO) e.a. |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers          |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek             |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2012      |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015        |

**Gedrag & Fysiologie**

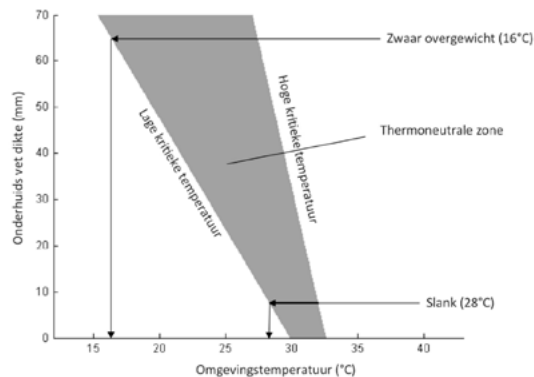
## *Proefkameronderzoek attentieniveau bij beperkte ventilatie*

Dit proefkameronderzoek keek hoe mensen in een situatie met beperkte ventilatie scoren op alertheid en attentieniveau. Is dit na verloop van tijd lager dan in een situatie met ruim voldoende ventilatie?

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Technieken & Concepten.](#)

**Gegevens studie**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Auteur:</b>          | Boris Kingma (Universiteit Maastricht) |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers                           |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek                              |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011                       |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT DP 2015                         |



Figuur 1: Thermoneutrale zone (TNZ) over een bereik van onderhuidse vetdikte (SFT). De lage kritieke temperatuur definieert de grens waaronder de warmteproductie wordt verhoogd om de lichaamstemperatuur te handhaven. De hoge kritieke temperatuur definieert de grens waarboven de zweetproductie wordt verhoogd.

**Gedrag & Fysiologie**

## De invloed van omgevingstemperatuur op de menselijke fysiologie

Wat is de invloed van de omgevingstemperatuur op de menselijke fysiologie en de verfijning van een dynamisch thermoregulatiemodel? Dat was het onderwerp van dit proefschrift.

In moderne westerse samenlevingen verblijven mensen het grootste deel van hun leven in gebouwen met stabiele omgevingscondities, binnen de thermoneutrale zone. Het lichaam hoeft zich hierbij weinig in te spannen om de lichaamstemperatuur te handhaven en zou daarmee de capaciteit kunnen verliezen om extra warmte te produceren. Mogelijk is er een oorzakelijk verband met de ontwikkeling van obesitas en daaraan gerelateerde ziekten. Ook is vanuit milieu- en economische oogpunt juist een vermindering van het energiegebruik nodig.

**Thermoregulatie**

Dit proefschrift geeft speciale aandacht aan huiddoorbloeding en verhoogde metabole warmteproductie zonder rillen. Deze mechanismen spelen een sleutelrol bij de thermoregulatie tijdens milde temperatuurschommelingen. Vanwege leeftijdgerelateerde beperkingen in thermoregulatie geeft het onderzoek ook speciale aandacht aan de invloed van milde kou en milde warmte op de fysiologische respons bij ouderen.

**Weloverwogen beslissingen**

Kennis over de invloed van temperatuurvariaties binnenshuis op diverse subgroepen is nodig om weloverwogen beslissingen te nemen bij het ontwikkelen van nieuwe energiezuinige gebouwen. Moderne gebouwontwikkelaars gebruiken wiskundige modellen om de structurele integriteit en het energiegebruik van gebouwen te simuleren. Echter, het in dit veld veelgebruikte model van Fanger is enkel bruikbaar voor grote groepen en onder constante omgevingscondities.

## Wat is de invloed van warmte en kou op de fysiologische respons van mensen?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



**Gegevens studie**

|                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | Lisje Schellen (TU Eindhoven) e.a. |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers                       |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek en conceptontwikkeling   |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2012                   |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT LowEx                       |

**Gedrag & Fysiologie***Optimaal thermisch comfort*

Dit deelonderzoek was gericht op het vergroten van de kennis over de interactie tussen het gebouwstelsel, binnenklimaat en de menselijke fysiologie.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Technieken & Concepten.](#)

**Gegevens studie**

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Auteur:</b>          | Stanley Kurvers (TU Delft) e.a.  |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers van installatie- en ventilatie-oplossingen voor kantoren, scholen en woningen |
| <b>Fase planproces:</b> | ontwerp van de installatie en conceptontwikkeling  |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011   |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT FACET   |

**Gedrag & Fysiologie***Literatuuronderzoek naar een optimaal binnenmilieu*

In deze literatuurstudie is gekeken naar state of the art kennis, inzichten, normen en richtlijnen voor de vaststelling van thermisch comfort voor een optimaal binnenmilieu.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Technieken & Concepten.](#)

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Stanley Kurvers (TU Delft) e.a.   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers van installatie- en ventilatieoplossingen voor kantoren, scholen en woningen |
| <b>Fase planproces:</b> | ontwerp van de installatie en conceptontwikkeling   |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT FACET  |

**Gedrag & Fysiologie***Programma van Eisen en Wensen voor het binnenmilieu*

In dit literatuuronderzoek is gekeken naar de eisen en wensen voor een comfortabel, gezond en productief binnenmilieu.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Technieken & Concepten.](#)

**Gegevens studie**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Auteur:</b>          | Joe Leijten (TU Delft) e.a.   |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers en ontwerpers van kantoren en installatie- en ventilatiesystemen |
| <b>Fase planproces:</b> | ontwerp van kantoren en installaties  |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2011  |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT FACET  |

**Gedrag & Fysiologie**

## *Effecten van het binnenmilieu op de productiviteit en het ziekteverzuim*

Wat zijn de effecten van het binnenmilieu op de productiviteit van personen? Dat is de vraag die dit onderzoek probeert te beantwoorden. Denk aan temperatuur, thermisch comfort, luchtkwaliteit, ventilatie, vervuilingbronnen, persoonlijke beïnvloeding en ruimte-indeling.

[De volledige samenvatting van deze publicatie staat bij het thema Ontwerp & Stedenbouw.](#)

### Gegevens studie

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| <b>Auteur:</b>          | Henk Polinder (CHRI) e.a. |
| <b>Doelgroep:</b>       | onderzoekers              |
| <b>Fase planproces:</b> | onderzoek                 |
| <b>Huidige stand:</b>   | afgerond in 2013          |
| <b>Bron:</b>            | EOS LT INTEWON            |

## Gedrag & Fysiologie

# Factoren die het energierelateerde gedrag in woningen beïnvloeden

Dit Europese onderzoek biedt inzicht in energierelateerd gedrag in woningen, om het werkelijke energieverbruik te kunnen voorspellen.

Het voorspellen van werkelijke besparingen in nieuwbouw en bestaande woningen wordt steeds belangrijker. Hypotheekverstrekkers willen de hypotheekgrens baseren op 'woonlasten', waarvan ook energiekosten onderdeel zijn, naast rente en aflossing. Huurders willen wel instemmen met energiebesparingsplannen, maar verlangen daarvoor een garantie op de te behalen besparingen. Alleen kijken naar het gebouwgebonden energiegebruik is niet meer toereikend.

### Model

Dit onderzoek richt zich op het voorspellen van de werkelijke energiebehoefte van een huishouden voor verwarmen, koelen, ventileren, warm tapwater, elektrische apparaten, verlichting en koken. Er is een literatuurstudie gedaan naar wat het energierelateerde gedrag in woningen beïnvloedt, zoals biologische factoren, psychologische en sociale contexten, tijd, fysieke omgeving en gebouw- en installatie-eigenschappen. Met deze factoren is een model ontwikkeld voor het voorspellen van het werkelijke energiegebruik.

### Complex

Meerdere factoren (tegelijktijd) hebben invloed op het energierelateerde gedrag. Gedrag als het gebruik van warm water hangt af van biologische, psychologische en sociale invloeden, zoals leeftijd, geslacht, beroep, land van herkomst en de samenstelling van het huishouden. Dit voorbeeld illustreert hoe complex het is om een nauwkeurig model te ontwikkelen voor het voorspellen van energiegebruik voor warm water.

## Hoe voorspel je het werkelijke energiegebruik in een woning?

[Ga naar de volledige publicatie.](#)



Verschillende typen beïnvloedingsfactoren voor het energierelateerde gedrag in woningen



Dit is een publicatie van:  
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Croeselaan 15  
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht  
T +31 (0) 88 042 42 42  
[www.rvo.nl/duurzaamondernemen](http://www.rvo.nl/duurzaamondernemen)

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | december 2015  
Publicatienummer: RVO-177-1501/BR-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken

