

Met het oog op morgen

werken aan een duurzame energievoorziening

Lectorale rede
Dr. W. Gilijamse

 **SAXION**
Hogescholen

Met het oog op morgen

Werken aan een duurzame energievoorziening

Rede in verkorte vorm uitgesproken bij de installatie als lector duurzame energievoorziening bij de Saxion Hogescholen op 19 maart 2004 in Enschede door Dr.W.Giljamse

Iedere dag wordt door de NOS het radioprogramma “Met het oog op morgen” uitgezonden. Zo worden de late luisteraars naar Radio 1 voorbereid op de dag van morgen. Onze energievoorziening is niet ingericht “met het oog op morgen”. In het huidige jargon: onze energievoorziening is niet duurzaam. Het is mijn missie bij te dragen aan een energievoorziening die wel voorbereid is op de dag van morgen. Deze missie deel ik met veel mensen en met veel organisaties. Duurzaamheid is iets wat zeker ook leeft bij de Saxion Hogescholen. Een week geleden werd bij de Saxion Hogeschool IJsselland in Deventer Theo de Bruijn geïnstalleerd als lector duurzame ontwikkeling van de leefomgeving. Eerder vandaag heeft u kunnen vernemen wat er bij de Saxion Hogeschool Enschede al vóór mijn komst als lector is gedaan aan energie-efficiency en duurzame energie.

In deze rede zal ik uiteenzetten waarom onze huidige energievoorziening niet duurzaam is. Aan de hand van het energiegebruik in de gebouwde omgeving laat ik zien hoe we kunnen toewerken naar een

duurzame energievoorziening. Ik zal ingaan op de rol van overheid en markt bij de benodigde innovaties. Ook zal ik ingaan op de kennisontwikkeling die hiervoor nodig is. En natuurlijk op wat wij vanuit de Saxion Hogescholen daaraan kunnen en zullen bijdragen.

De uitdaging

Zonder energie staat alles stil. Dit geldt om te beginnen voor het leven zelf. Alle plantaardig en dierlijk leven is afhankelijk van het invangen van zonne-energie. Dit invangen gaat direct - in het geval van planten door middel van fotosynthese - of indirect - in het geval van dieren die planten of andere dieren eten. In dit biologisch opzicht functioneert de mens niet anders dan andere dierlijke levensvormen. Wel anders is dat de mens er door technologie-ontwikkeling in is geslaagd steeds grotere hoeveelheden energie voor zich te laten werken, om in steeds meer en steeds complexere behoeften te voorzien. De ontdekking van het vuur kan als eerste stap worden gezien. Plantaardig materiaal bleek

niet alleen als voedsel te kunnen dienen, maar het bleek ook verbrand te kunnen worden. Door het verbranden van met name hout kon men zich warmen en voedsel beter verteerbaar maken. Tot ongeveer 150 jaar geleden was het verbranden van hout de belangrijkste vorm van energieconsumptie.

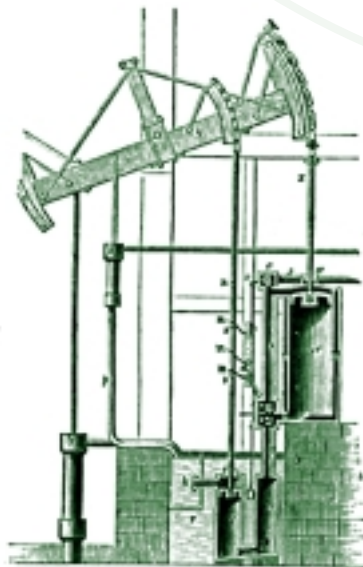


Het houtvuur

De eerste energietechnologie met als functies bescherming tegen koude en voedselbereiding.

De volgende grote stap in energietechnologie hangt samen met de industriële revolutie. De mechanisatie van productieprocessen kon alleen tot stand komen dankzij een bron van mechanische arbeid die de spierkracht van mens en dier ver te boven ging. Deze bron was de omzetting van warmte in mechanische arbeid, en de eerste technologie die dit kon verwezenlijken was de stoommachine. Maar de behoefte

aan brandstof verveelvoudigde nu en er moest worden gezocht naar een nieuwe energiebron. Deze werd gevonden in de vorm van steenkool.



De stoommachine

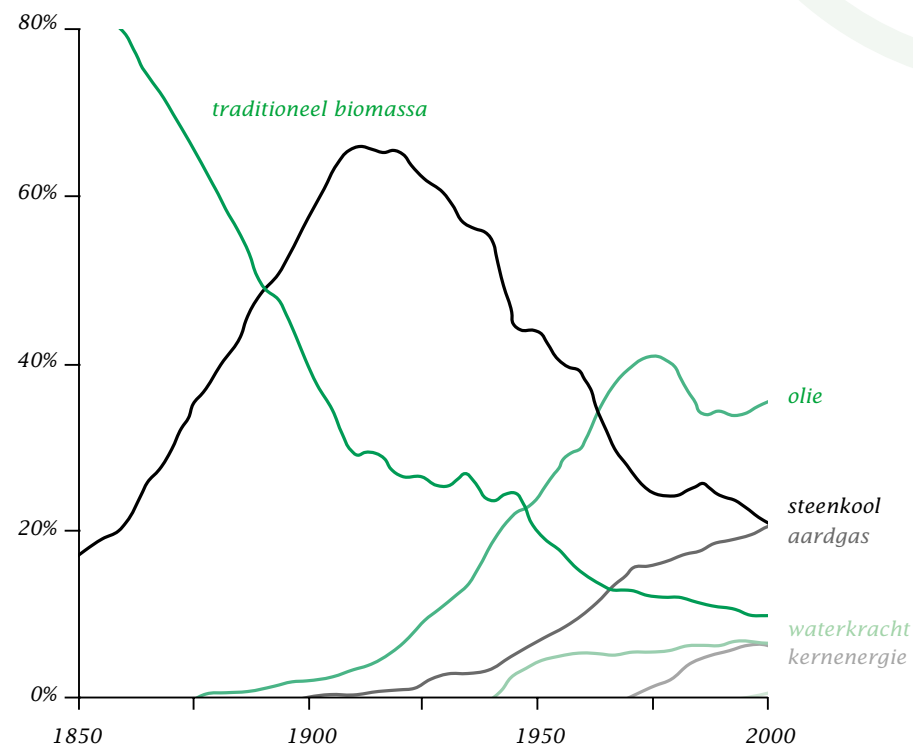
Het omzetten van warmte in mechanische arbeid dreef de industriële revolutie aan.

Na de stoommachine heeft de energietechnologie zich verder ontwikkeld. Ten behoeve van het transport werden dieselmotoren en benzinemotoren ontwikkeld. De generator zorgde voor omzetting van mechanische arbeid in elektriciteit, waardoor een hele nieuwe reeks van processen van energie kon worden voorzien. Kachels en verwarmingsketels bleken meer verwarmingscomfort te kunnen bieden dan het houtvuur.

Bron van dit alles was echter nog steeds verbranding. De behoefte aan brandstoffen nam steeds verder toe. Naast steenkool werden in toenemende mate ook aardolie en aardgas ingezet (zie figuur 1). Steenkool, aardolie en aardgas zijn zogenaamde fossiele energiebronnen: zonne-

energie die honderden miljoenen jaren geleden werd vastgelegd in plantaardig en dierlijk materiaal. De hele ontwikkeling heeft er toe geleid dat onze maatschappij bijna geheel afhankelijk is geworden van deze fossiele brandstoffen.

% van het primair energiegebruik



Figuur 1

Ontwikkeling gebruik energiebronnen, mondiaal, 1850-2000¹. "Traditioneel biomassa" is voornamelijk hout, maar ook dierlijke mest en turf. Naast de fossiele brandstoffen steenkool, aardolie en aardgas zien we nog beperkte bijdragen van waterkracht en kernenergie.

Energie is dus niet zomaar een product. Het is een levensvoorwaarde voor al onze maatschappelijke processen. Daarom is het ook zo'n groot probleem dat onze huidige energievoorziening – bijna geheel gebaseerd op het verbranden van fossiele brandstoffen – niet houdbaar is “met het oog op morgen”. In de hedendaagse terminologie: onze energievoorziening voldoet niet aan de criteria van duurzame ontwikkeling. Om dit in te zien moeten we eerst definiëren wat we eigenlijk onder duurzame ontwikkeling verstaan.

Het begrip duurzame ontwikkeling is geïntroduceerd in het in 1987 door de World Commission on Environment and Development uitgebrachte rapport “Our Common Future”². Het is daar gedefinieerd als een ontwikkeling waarbij de behoeften van de huidige generatie worden bevredigd zonder de mogelijkheden weg te nemen dat volgende generaties hun behoeften kunnen bevredigen. In de meest brede uitwerking van het begrip wordt deze “generatietoets” toegepast op zowel economische, sociaal-culturele als ecologische ontwikkeling. In beleidsstukken van onze Nederlandse overheid vinden we onder de vraagstukken van duurzame ontwikkeling dan ook zaken als de houdbaarheid van ons pensioenstelsel en de integratie van mensen uit andere culturen in onze samenleving³. Door onder andere de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid is erop

gewezen dat bij een dergelijk brede opvatting van duurzaamheid het begrip zijn onderscheidende betekenis verliest. Deze raad beveelt aan om de ecologische invalshoek voorop te stellen: het streven om het menselijk handelen in balans te brengen met het ecologisch draagvlak⁴.



People, planet, profit

De brede opvatting van duurzaamheid.

Of we nu een breed of een smal duurzaamheidsbegrip hanteren, de wijze waarop wij thans in onze energiebehoefte voorzien kan niet als duurzaam worden aangemerkt. Aan het gebruik van fossiele brandstoffen zijn grote risico's verbonden die een lange-termijn karakter hebben en daardoor volgende generaties kunnen treffen:

- Bij de verbranding van fossiel brandstoffen komen afvalproducten vrij. De belangrijkste stoffen die in de atmosfeer terecht komen

zijn stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO_2) en kooldioxide (CO_2). Mogelijke gevolgen van de emissies van NO_x en SO_2 zijn gezondheidsschade en verzuring. Deze emissies kunnen door technische maatregelen worden voorkomen. Maar dat geldt niet voor de emissie van CO_2 die immers onlosmakelijk verbonden is aan het verbranden van koolstofhoudende brandstof. CO_2 is verreweg de belangrijkste van de zogenaamde broeikasgassen die tot klimaatverandering kunnen leiden. De risico's van klimaatverandering worden breed onderkend en om deze risico's te verminderen heeft een groot aantal landen waaronder Nederland zich verplicht tot een reductie van broeikasgassen in het kader van het zogenaamde Kyoto-protocol.

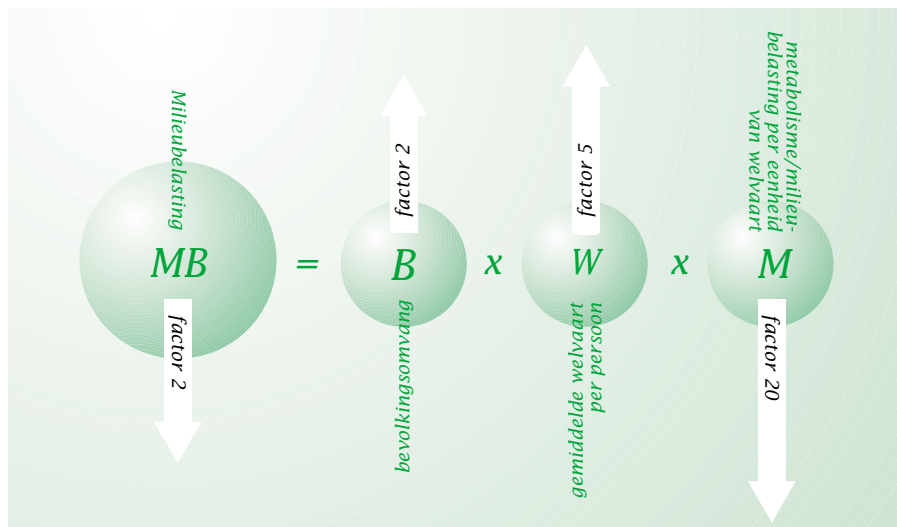
- De voorraden fossiele brandstoffen zijn eindig. Voor aardolie en aardgas worden de economisch winbare reserves geschat als toereikend voor ongeveer 50 jaar op het huidige verbruiksniveau. Met de voorraden steenkool kunnen we veel langer toe. Nieuwe vondsten en verbeterde winningsmethoden verleggen het moment van uitputting verder naar de toekomst. Toch mag worden verwacht dat de winning van met name aardolie en aardgas over enkele decennia zal pieken en daarna zal afnemen.

- De voorraden fossiele brandstoffen zijn regionaal geconcentreerd. Het meest in het oog loopt de dominante positie van het Midden Oosten in de levering van aardolie. De EU heeft een slechte voorraadpositie. In 2001 werd de helft van de benodigde energie geïmporteerd. Geschat wordt dat dit importpercentage de komende 15 jaar tot 70% zal stijgen⁵. Zo is bijvoorbeeld de winning van aardolie en aardgas in de Noordzee inmiddels over zijn hoogtepunt heen, en is daar binnen de EU geen vervanging voor. Aan deze importafhankelijkheid zijn geopolitieke risico's verbonden^{5,6}. Opvallend is dat deze risico's bij de vaststelling van het EU-beleid op energiegebied een veel grotere rol spelen dan in het Nederlandse beleid.

Ons gebruik van fossiele brandstoffen moet dus worden verminderd. En de problemen zijn zo groot dat het niet gaat om een procentje eraf, maar om een zeer drastische vermindering. En dat terwijl ons welvaartsniveau groeit. De omvang van de opgave komt tot uiting in het begrip “factor 4”: een halvering van ons beslag op eindige grondstoffen bij een verdubbeld welvaartsniveau maakt het noodzakelijk de efficiency waarmee we deze grondstoffen benutten met een factor 4 te verbeteren⁷. Kijken we op wat langere termijn dan kunnen we hier ook nog de mondiale bevolkingsontwikkeling bij

betrekken en de grote inhaalslag die de nu nog minder ontwikkelde landen zouden moeten maken. Een belangrijke component van duurzame ontwikkeling op mondiaal niveau is immers dat de bevolking in veel landen zich nog aan een vaak schrijnende armoede moet ontworstelen.

Zo wordt er ook wel gesproken van verbetering van de milieubelasting per eenheid product met een "factor 20" (zie figuur 2). Deze factor 20 is de doelstelling achter het programma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO).



Figuur 2

Een halvering van de totale milieubelasting bij een verdubbeling van de wereldbevolking en een vervijfvoudiging van de welvaart maakt het nodig dat de milieubelasting per eenheid product met een factor 20 daalt ⁸.

Onze huidige energievoorziening kan dus niet duurzaam genoemd worden. Maar wat zijn dan de kenmerken van een energievoorziening die wel aan de criteria van duurzame ontwikkeling voldoet? Om te beginnen helpt het om onze economie energie-extensiever te maken,

dat wil zeggen dat we de welvaarts-groei realiseren zonder dat het energiegebruik evenredig meegroeit. Zoals nog zal worden toegelicht zijn er goede mogelijkheden om dit te realiseren door efficiënter met energie om te gaan. Er zal echter altijd veel energie nodig blijven om de

maatschappelijke processen draaien te houden. We zagen al dat het knelpunt ligt bij het gebruik van fossiele brandstoffen en de emissies van vooral broeikasgassen die met de verbranding daarvan gepaard gaan. De opgave is over te schakelen op energiebronnen die niet opraken en waar geen risico's voor het klimaat aan verbonden zijn. Deze vinden we in de vorm van zogenaamde duurzame energiebronnen. De belangrijkste hiervan zijn zonne-energie, windenergie, bio-energie en waterkracht.

Drijvende kracht achter deze vier duurzame energiebronnen is de zonnestraling die de aarde bereikt. Directe benutting van deze zonnestraling noemen we zonne-energie. Het benutten van energie uit wind is mogelijk dankzij drukverschillen in de atmosfeer die echter ook weer hun oorsprong hebben in zonnestraling die in de atmosfeer en aan het aardoppervlak is geabsorbeerd. Bio-energie - het benutten van de in de vorm van organische verbindingen in planten en dieren opgeslagen energie - vindt zijn oorsprong in fotosynthese en dus ook in zonnestraling. Waterkracht tenslotte is het benutten van de energie in vallend of stromend water, en daarbij is de oorsprong de door de zon aangedreven cyclus van verdamping en neerslag. Met deze vier is de diversiteit aan duurzame energiebronnen overi-

gens nog niet uitgeput. Zoals we nog zullen toelichten is het mogelijk door middel van warmtepompen lage-temperatuur warmte uit onze omgeving - bijvoorbeeld bodem of buitenlucht - te benutten voor verwarmingsdoeleinden. Daarom rekenen we omgevingswarmte ook wel tot de duurzame energiebronnen. Ook duurzaam is het benutten van aardwarmte. Deze vindt zijn oorsprong niet in de zon maar in de enorme hoeveelheid warmte die in aardkorst en aardkern is opgeslagen. Verder hebben we nog de mogelijkheid om energie uit getijdenbewegingen te halen. Hiervan is de oorsprong ook niet in de zon gelegen, maar in de beweging van de maan om de aarde.

Er gaan wel geluiden op om ook kernenergie tot de duurzame energiebronnen te rekenen. De voorraden splijtbaar materiaal zijn immers zeer groot. Ook komen er bij gebruik van kernenergie geen broeikasgassen vrij. Andere risico's zijn er echter wel. Het geproduceerde radioactief afval blijft voor lange tijd gevaarlijk - en dan hebben we het over tienduizenden jaren. Splijtbaar materiaal kan bovendien voor niet-vredezaame doeleinden worden gebruikt. Het hanteren van deze risico's vraagt om een stabiele samenwerking en een stabiele internationale rechtsorde. Aan deze voorwaarden lijkt op dit moment niet voldaan.

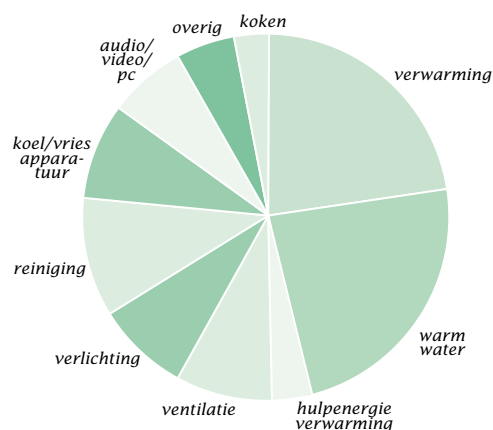
Zonder de illusie te hebben dat de discussie over nut en noodzaak van kernenergie hiermee is beslecht zullen we de gangbare terminologie blijven hanteren en kernenergie niet onder de duurzame energiebronnen rekenen.

De opgave om het beslag op fossiele brandstoffen sterk terug te dringen en over te schakelen op duurzame energiebronnen is een grote opgave. Zo groot dat er meteen ook vele vragen omheen rijzen. Hebben we de technologie in huis? Zo nee, kan deze op termijn ontwikkeld worden? Is het wel een technologische opgave of zit het allemaal tussen de oren? Wat kunnen burgers doen? En bedrijven? En de overheid? En niet onbelangrijk: wat kan Saxion hier aan bijdragen? Om een antwoord op deze vragen te krijgen wendden wij ons tot een deel van het energiegebruik dat letterlijk dicht bij huis is: het energiegebruik in de gebouwde omgeving. Dit is een belangrijke verbruikssector: in gebouwen zoals woningen, kantoren, onderwijsgebouwen, ziekenhuizen en winkelcentra wordt een derde van het totale energiegebruik geconsumeerd. Ook is zoals we zullen zien de gebouwde omgeving een plaats waar veel duurzame energie benut kan worden.

Lessen uit het verleden: energieprestatieverbetering in de gebouwde omgeving

In gebouwen wordt energie gebruikt voor een veelheid aan functies.

Figuur 3 illustreert dit voor een typische eengezinswoning, gebouwd volgens de huidige normen.



Figuur 3

Verdeling van het energiegebruik in eengezinswoning gebouwd volgens de huidige bouwpraktijk ⁹.

Zoals de figuur laat zien is het grootste deel van het energiegebruik nodig voor verwarming van de woning en verwarmen van warm tapwater. De hiervoor benodigde warmte wordt gewoonlijk in een CV-ketel geproduceerd en de brandstof daarvoor is aardgas. Koken doen we ook meestal op aardgas, maar de rest van het energiegebruik consumeren

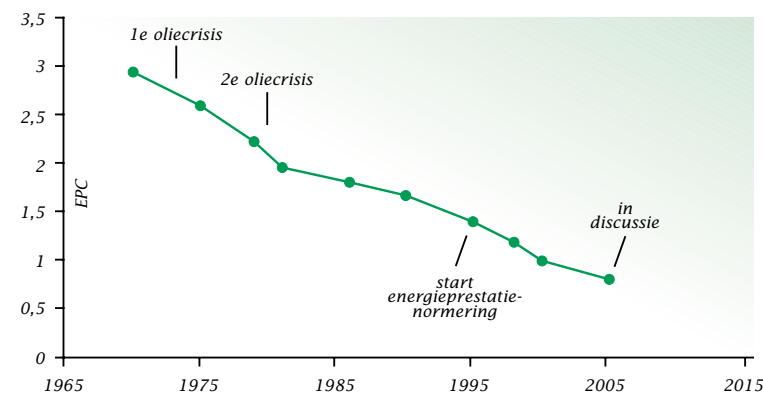
we in de vorm van elektriciteit.

Die elektriciteit wordt in Nederland voornamelijk opgewekt met behulp van aardgas of steenkool. De energiebronnen voor ons huishoudelijk verbruik zijn dus overwegend fossiele energiebronnen. Zoals vermeld is de opgave om het beslag op fossiele energiebronnen drastisch te verminderen. Voor de gebouwde omgeving hebben we hier de afgelopen decennia al behoorlijke vooruitgang in gemaakt. Om dit te laten zien hebben we een maat nodig voor dit beslag op fossiele energiebronnen. Hiervoor is in 1995 in Nederland de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) geïntroduceerd. De EPC is een maat voor het beslag op fossiele energiebronnen dat samenhangt met het zogenaamde gebouwgebonden energiegebruik: ruimteverwarming, ventilatie, koeling, warm tapwatergebruik en verlichting, en is inclusief hulpenergie voor pompen, regelingen en dergelijke ¹⁰. Niet hierin opgenomen is het energiegebruik van apparaten zoals wasmachines, koelkasten, TV's, faxen en compu-

ters. Desondanks valt het overgrote deel van het energiegebruik onder de EPC, en bovendien is het dat deel dat beïnvloed wordt door het gebouw- en installatie-ontwerp.

De EPC wordt niet berekend aan de hand van het werkelijk energiegebruik, maar op basis van het te verwachten energiegebruik bij gestandaardiseerd bewonersgedrag. De berekeningsformule is zo gekozen dat woningen waar dezelfde maatregelen zijn genomen ook dezelfde EPC hebben. Grotere woningen en woningen met een relatief groot buitenoppervlak krijgen dus een extra "energiebudget". De normering is zo gekozen dat een EPC van 1,0 (de huidige norm) in een gemiddelde woning ruwweg overeenkomt met een verbruik van 1000 m³ aardgas per jaar. In het Bouwbesluit is vastgelegd dat voor nieuw te bouwen woningen de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) niet boven een bepaalde norm, Energie Prestatie Norm (EPN), mag uitkomen.

Figuur 4
Energieprestatieverbetering van nieuwbouwwoningen vanaf 1970.



De vorderingen op het gebied van energiebesparing in gebouwen laten zich aflezen in figuur 4. We kennen de EPC en de EPN pas vanaf 1995, maar de EPC kan met terugwerkende kracht berekend worden voor woningen zoals die in eerdere jaren zijn gebouwd. De punten in de figuur komen overeen met de destijds gangbare bouwpraktijk, met als ijkpunten belangrijke veranderingen in de bouwvoorschriften. We kunnen constateren dat nieuwbouwwoningen zoals die nu gebouwd worden nog maar een derde van de energie gebruiken in vergelijking met wat dertig jaar geleden gebruikelijk was.

Hoe is deze vooruitgang tot stand gekomen? Voornamelijk door het steeds beter isoleren van woningen. Eind jaren zestig begon het idee van eindigheid van energievoorraden te dagen. Was het eerste rapport van de Club van Rome dat die eindigheid signaleerde nog iets voor softies, door middel van twee energiecrises in 1973 en 1978 werd de maatschappij op wat hardhandiger wijze geconfronteerd met beperkingen in het energie-aanbod. De overheid reageerde met isolatienormen. De in nieuwbouwwoningen voorgeschreven isolatiedikte in gevels en daken werd stapsgewijs opgevoerd van nul naar ongeveer 8 cm in 1990. Ook werd dubbel glas geïntroduceerd en gaandeweg in de normen opgenomen. Een andere belangrijke technologische ontwikkeling was de verbetering van CV-ketels. Zonder dat er

ooit een norm voor is gesteld verbeterde het rendement van ongeveer 60% tot bijna 100% in de tegenwoordige Hoog-Rendement (HR) ketels. In de normering is 1995 een belangrijk moment. Zoals vermeld werd toen de energieprestatienormering geïntroduceerd wat inhield dat bij de aanvraag van een bouwvergunning verplicht een EPC-berekening moet worden overlegd en deze EPC niet hoger mag zijn dan de norm - de EPN. Daarmee werd de stap gemaakt van een middelvoorschrift - een minimale isolatiedikte - naar een doelvoorschrift - het energiegebruik mag niet hoger uitkomen dan de norm en je ziet maar hoe je dat bereikt. Sinds de introductie is de EPN in twee stappen verlaagd van 1,4 naar 1,0. Dit heeft ook weer geleid tot verdere verhoging van isolatiediktes in gevels, daken en vloeren. Ook is de isolatiekwaliteit van dubbel glas verder verbeterd.



Isolatie

Isolatiedikten in muren, daken en begane grond vloeren zijn toegenomen van aanvankelijk 2-3 cm tot thans 10 cm of meer.

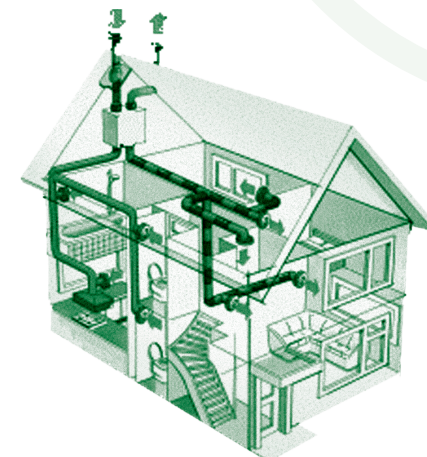


Dubbelglas

Door spectraal-selectieve coatings en edelgasvulling isoleren de huidige producten meer dan tweemaal zo goed als het eerste dubbelglas, en meer dan vier maal zo goed als enkel glas.

Zoals vermeld wordt door de EPN niet alleen isolatie bevorderd, maar kan nu ook naar andere maatregelen worden gekeken. Eerste begunstigde van deze ontwikkeling was de HR-ketel. Deze heeft nu bijna 100% van de nieuwbouwmarkt in handen. Maar de markt stortte zich ook gretig op andere energiebesparingsmogelijkheden die tot dan toe waren onderbelicht. Zo bleken ook deuren beter geïsoleerd te kunnen worden, en bleek het handig om de leidinglengtes tussen ketel en tapwaterpunten in keukens en badkamers te verminderen - iets wat trouwens ook het comfort zeer ten goede komt. Energiezuinig ventileren wordt ook door de nieuwe normeringsmethode

bevorderd: kierdicht bouwen, regelbare luchttoevoerroosters en gebalanceerde ventilatie met warmterugwinning beginnen hun plaats in de markt in te nemen. En ook - heel voorzichtig - begint zonne-energie als mogelijkheid om in de elektriciteitsbehoefte of warmtebehoefte te voorzien aan een opmars. Maar daarover straks meer.



Gebalanceerde ventilatie met warmterugwinning

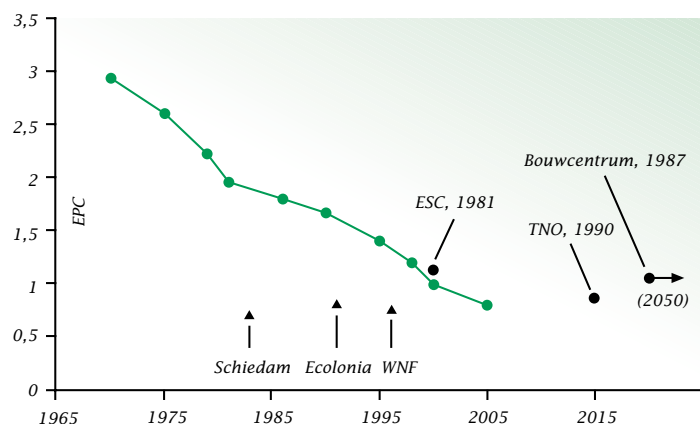
Lucht wordt afgezogen uit badkamer, keuken en toilet, en passeert een warmtewisselaar waar de warmte wordt overgedragen op de verse lucht die aan woon- en slaapkamers wordt toegevoerd. Schema: JE StorkAir.

We zagen dus dat in drie decennia het beslag op fossiele brandstoffen in nieuwbouwwoningen met een factor 3 is afgenomen. Nog geen factor vier dus en zeker geen factor 20, maar toch al een substantiële reductie. Is deze snelle ontwikkeling voorzien? In ieder geval niet door iedereen.

Een paar voorbeelden:

- Een studie in opdracht van het ministerie van VROM ¹¹ in kwam in 1979 met een “maximaal haalbaar isolatieniveau” dat in 1986 al standaard werd, en daarna even zo gemakkelijk werd overtroffen.

- Een studie van het Bouwcentrum in 1987 ¹² over het besparingspotentieel tot 2050 (!) zag in die periode de HR-ketel niet rendabel worden, voorzag overigens wel weer mogelijkheden voor warmtepompen maar kwam voor de totale energieprestatieverbetering voor 2050 in de meest vergaande variant niet verder dan een niveau dat in 2000 al werd overtroffen.
- Een studie door TNO in opdracht van het ministerie van Economische Zaken in 1990 ¹³ zag als “technisch absoluut minimum” voor 2015 een pakket maatregelen dat neerkomt op een EPC van 0,87. Bij de binnenkort te verwachten aanscherping van de EPC zal dat niveau al worden overtroffen.



Figuur 5
Inschattingen technisch/economisch potentieel energieprestatieverbetering. Energieprestatie van demonstratieprojecten.

Er zijn ook studies te vinden waarin het potentieel wel werd onderkend. Zo werd al in 1981 door het Energie Studie Centrum aan het ministerie van Economische Zaken gerapporteerd dat een pakket maatregelen overeenkomend met een EPC van 1,0 in het jaar 2000 rendabel zou zijn ¹⁴, hetgeen achteraf een correcte inschatting is gebleken. Ook is er een hele reeks proefprojecten en demonstratieprojecten uitgevoerd die vooruit liepen op de ontwikkeling. Enkele belangrijke projecten:

- In 1983 werden in Schiedam 79 “minimum-energie woningen” gebouwd. De nadruk lag hier op zeer zware isolatie en “passieve zonne-energie”: het benutten van zonnewarmte die door ramen naar binnen valt. Het maatregelenpakket komt overeen met een EPC van 0,7. Uit metingen bleek het voorspelde prestatieniveau ook vrijwel gehaald te worden ¹⁵. Woningen met vergelijkbare kenmerken werden vervolgens door het hele land gebouwd.
- In 1991 werd de bouw gestart van de wijk “Ecolonia” in Alphen aan de Rijn. De energieprestatie van deze woningen liep vóór op de destijds gangbare bouwpraktijk – in een deel van de woningen werd een EPC van 0,8 bereikt. Belangrijker nog is dat in dit project ook aandacht werd geschonken aan andere duurzaamheidsaspecten zoals materiaalgebruik, watergebruik, geluid en gezondheid. Ook dit project bleek aan de

verwachtingen te voldoen ¹⁶. Het stond model voor een reeks projecten waarin energieprestatieverbetering onderdeel is van het bredere begrip “duurzaam bouwen”.

- Vanaf 1996 zijn enkele duizenden woningen gebouwd met een certificaat van het Wereld Natuur Fonds (WNF). Ook deze woningen voldoen aan een reeks duurzaamheids-eisen waaronder een EPC van 0,75 of beter, en werden positief geëvalueerd ¹⁷.

Onderzoekers zijn het dus niet met elkaar eens. Uit demonstratieprojecten komen positieve signalen over de mogelijkheden tot verdere energieprestatieverbetering. In technisch/economische analyses van het besparingspotentieel worden vaak de mogelijkheden niet onderkend of als niet kosteneffectief beschouwd. Het is kennelijk lastig om in dit soort technisch/economische analyses van nieuwe technologie de marktdynamiek goed in te schatten. Dit blijkt ook weer in de actuele discussie over aanscherping van de EPC voor nieuwbouwwoningen tot het niveau van 0,8. Een studie die ingenieursbureau DHV uitvoerde in opdracht van het ministerie van VROM ¹⁸ laat zien dat een niveau van ca. 0,85 bij de huidige technologie en marktprijzen kosteneffectief te bereiken is. Het laatste stapje tot 0,8 zou echter in enkele woningtypen bewoners nog geld kosten. Ook deze analyse beschouwt maar een deel van de nieuwe mogelijkheden, en

ook deze analyse gaat uit van de huidige marktprijzen voor nieuwe technologie. Gezien de dynamiek van de markt – die zoals in het verleden is gebleken snel op een nieuwe norm kan inspelen en kosteneffectieve oplossingen kan aanbieden – lijkt onmiddellijke verlaging tot 0,8 meer dan verantwoord, maar de staatssecretaris van VROM heeft een beslissing hierover vooralsnog uitgesteld.

Dit is niet de eerste keer dat de overheid terughoudend is in het aanscherpen van de energieprestatienorm of – in de periode tot 1995 – isolatienormen. Desondanks kan gezegd worden dat de overheid in de ontwikkeling naar steeds betere energieprestaties een belangrijke rol heeft gespeeld. Het zijn bedrijven die steeds nieuwe producten op de markt hebben gebracht. Zonder stimulators van de steeds scherper wordende normen was dit echter niet in dit tempo gebeurd. Dit blijkt ook wel uit de veelheid van nieuwe technologie die op de markt kwam na de overstap van isolatienormen naar energieprestatienorm. Een voorbeeld van regelgeving die werkt!

Wat hier voor de woningbouw is geïllustreerd geldt ook voor andere gebouwen zoals kantoren, ziekenhuizen, scholen, winkels etc. Ook hiervoor geldt een energieprestatienormering die de energiezuinigheid

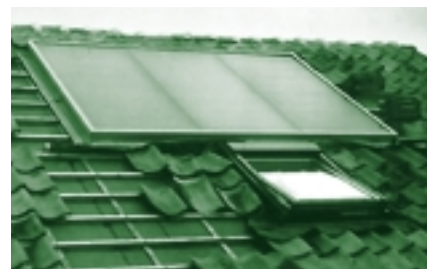
heeft bevorderd. Belangrijker nog is dat de ontwikkeling in de nieuwbouw zijn vervolg heeft gekregen in de bestaande gebouwvoorraad. Deze loopt wat energetische kwaliteit betreft steeds achter bij de nieuwbouw, maar neemt na verloop van tijd de in de nieuwbouw geïntroduceerde technologie over. Dubbel glas en HR-ketels zijn vanuit de kraamkamer van de nieuwbouw inmiddels gemeengoed geworden als mensen een verbouwing plegen of een nieuwe verwarmingsketel aanschaffen. Onder invloed van de regelgeving in de nieuwbouw zijn dubbel glas en isolatieproducten ook steeds beter geworden en ook deze verbeterde producten vinden nu hun toepassing in de bestaande gebouwvoorraad. Vanzelf gaat dit overigens niet en ook op deze ontwikkeling kan de overheid middels voorschriften en financiële prikkels een positieve invloed uitoefenen.

De toekomst: de gebouwde omgeving als energie-akker

De energieprestatieverbetering van de afgelopen decennia smaakt naar meer. Zoals we gezien hebben is de uitdaging er ook naar om op deze weg door te gaan. Een recente uitgebreide studie van ECN¹⁹ – gebaseerd op de ervaringen in testwoningen – laat zien dat een EPC-niveau van 0,5

mogelijk is met maatregelen die inmiddels voldoende zijn getest en daarmee ook rijp zijn voor grootschalige marktintroductie en de daarbij horende kostenverlaging. Belangrijke technologieën in dit pakket zijn verdergaande isolatie, gebruik van de nieuwste beglazingstechnologie, warmteterugwinning uit ventilatielucht met een zeer hoog rendement, en het toepassen van de vergrote variant van de zonneboiler.

Nog lagere EPC's liggen in het verschiet. In toenemende mate spelen duurzame energiebronnen hierbij een rol. Zonne-energie kan worden gebruikt om warmte of elektriciteit op te wekken. Omgevingswarmte kan worden benut door middel van een warmtepomp. Deze technologieën zijn bezig met een opmars.



Zonnewarmte

Een zonneboiler zorgt in een woning voor het warme water in keuken en douche. Op het dak ligt 2-3 m² zonnecollector waarin water wordt opgewarmd. Om zonneloze perioden te overbruggen wordt de warmte in een vat opgeslagen. In de winter springt de verwarmingsketel bij.



Zonnestroom of PV

Met zonlicht kan elektriciteit worden geproduceerd. Dit gebeurt in een zonnecel waarin een spanning wordt opgewekt met behulp van het zogenaamde fotovoltaïsche effect (naar de Engelse benaming ook wel PV genoemd). Zonnecellen worden samengevoegd tot zonnepanelen. De opgewekte gelijkspanning kan met behulp van een inverter worden omgezet in 220 V wisselspanning. Een dak vol zonnecellen produceert ongeveer wat een woning op jaarbasis aan elektriciteit verbruikt.

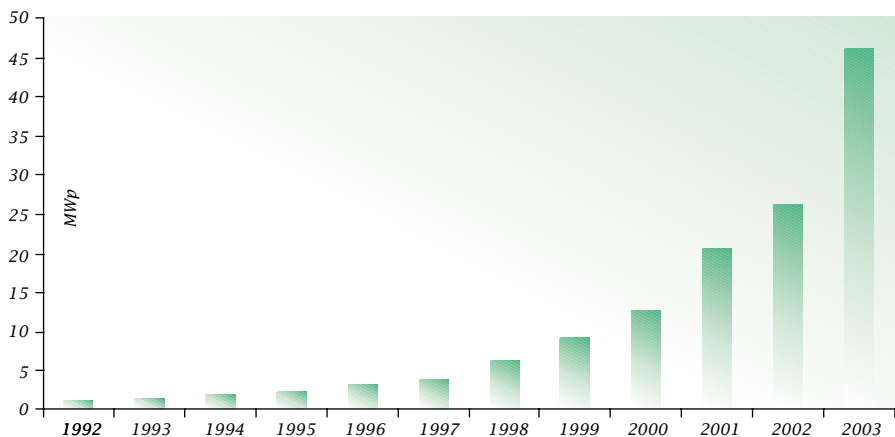
Figuren 6 t/m 8 illustreren de ontwikkeling in Nederland. Het benutten van deze mogelijkheden past ook in een beleid gericht op het verder ontwikkelen van duurzame energiebronnen. De Nederlandse overheid heeft als doelstelling dat in 2020 10% van onze energiebehoefte uit duurzame energiebronnen gedekt moet worden²⁰. De overheid heeft de ontwikkeling van zonne-energie en warmtepompen ondersteund met subsidies - in de afgelopen jaren via de energiepremieregeling. Deze subsidies zijn voorals-

nog noodzakelijk. Zo bedragen de kosten van zonnestroom op dit moment ca. € 0,60 per kWh. Bij een kleinverbruikerstarief van € 0,20 kan dit dus nog niet concurreren. De kosten van zonnestroom dalen echter snel: de verwachting is dat rond 2010 de kosten van zonnestroom gelijk zijn aan het kleinverbruikerstarief ²¹. De subsidies kunnen dus geleidelijk worden afgebouwd.



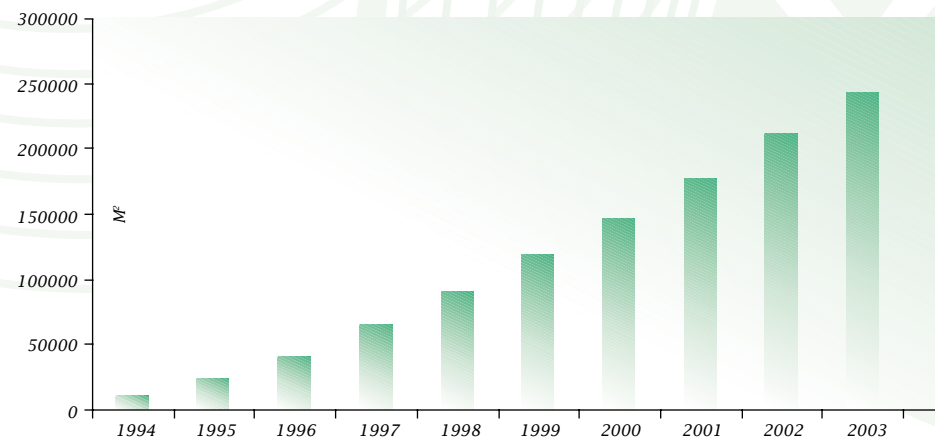
Omgevingswarmte

Om omgevingswarmte - bijvoorbeeld bodemwarmte - te benutten voor gebouwverwarming gebruiken we een warmtepomp. Deze werkt volgens hetzelfde principe als de koelkast. Warmte wordt door middel van een tot enkele tientallen meters diep ingebrachte slang onttrokken aan de bodem (bij een koelkast: onttrokken aan de verdamper in het vriesvak) en op een hoger temperatuurniveau toegevoerd aan het verwarmingssysteem (in de koelkast: de condensor aan de achterkant). Schema: Panagro.



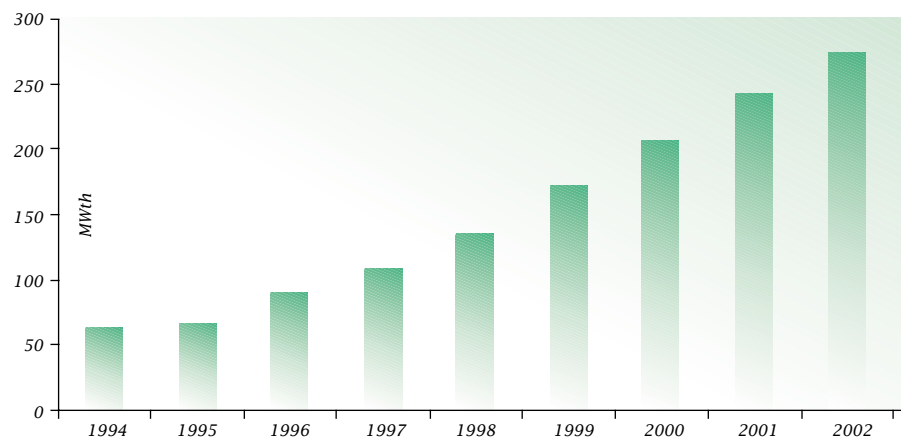
Figuur 6

Opgesteld vermogen zonnestroom ²¹.



Figuur 7

Opgesteld collectoroppervlak zonnewarmte ²¹.



Figuur 8

Opgesteld vermogen warmtepompen ²².

De marktdoorbraak van zonne-energie en warmtepompen maakt het mogelijk het gehele nog benodigde energiegebruik uit duurzame energiebronnen te dekken. We spreken dan van “energieneutrale” woningen. De technische haalbaarheid hiervan is aangetoond in enkele demonstratieprojecten. Omdat de productie van zonnestroom in de winter onvoldoende is zijn deze woningen overigens gewoon op het elektriciteitsnet aangesloten. In de zomer wordt het overschot aan elektriciteit aan het elektriciteitsnet teruggeleverd en over het hele jaar genomen zijn afname en levering in evenwicht. Met de verwachte prijsdalingen voor zonnestroom mag verwacht worden dat energieneutrale woningen over ongeveer 10 jaar kosteneffectief zijn. Verdere aanscherping van de energieprestatienormering kan bevorderen dat deze mogelijkheid ook inderdaad wordt toegepast (zie figuur 9).

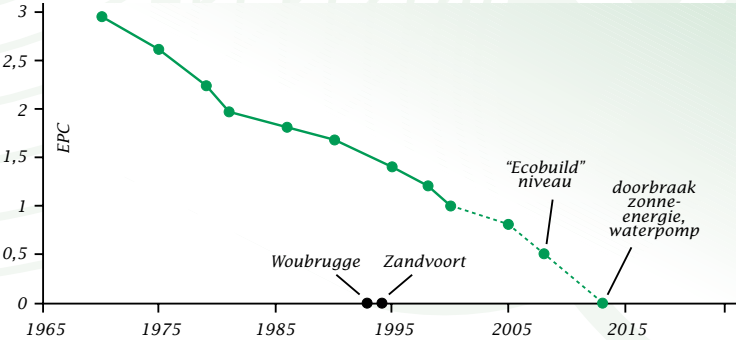


Energieneutrale woningen

Deze woningen in Woubrugge (boven) en Zandvoort (onder) zijn energieneutraal, dat wil zeggen dat het energiegebruik op jaarbasis gedekt wordt uit duurzame energiebronnen (zonnewarmte en zonnestroom in Woubrugge, in Zandvoort ook nog bodemwarmte).

Ontwikkeldoelstellingen voor de komende jaren zijn de hier toegepaste systemen compacter en goedkoper te maken.

Figuur 9
Stapsgewijs
in de richting
van EPC = 0.



Tabel 1 laat zien hoe de ontwikkeling kan uitwerken voor de gebouwde omgeving als geheel. Daarin is nog niet opgenomen welke mogelijkheden er zijn voor kleinschalige wind-energie en bio-energie. Zeker als we op wijkniveau kijken zijn daarvoor goede mogelijkheden. Op steeds meer locaties kan een situatie ontstaan waarbij lokaal meer energie wordt geproduceerd dan er wordt gebruikt. De gebouwde omgeving wordt dan tot een energie-akker. Een dergelijke energievoorziening met veel decentrale bronnen is een zeer dynamisch geheel. Vraag naar energie en aanbod van energie fluctueren voortdurend. Tekorten moeten worden gedekt door inkoop en overschotten kunnen worden verkocht. Actief ingrijpen om vraag en aanbod op lokaal niveau op elkaar af te stemmen biedt in een dergelijke situatie vele voordelen. De belangrijkste hiervan is dat de momenten van inkoop en verkoop zo kunnen worden gekozen dat de kosten worden geoptimaliseerd. De economische waarde van de lokaal geproduceerde energie wordt hiermee vergroot. Dit vraagt

om energie-opslag, maar ook om intelligente sturing van energievraag, energieaanbod en energie-opslag. Recente ontwikkelingen op ICT gebied vergroten de mogelijkheden en verlagen de kosten ²³.

	2010 (PJ)	2020 (PJ)	2050 (PJ)
Zonnewarmte en warmtepompen	12	46	350
Waarvan in:			
Nieuwbouw-woningen	5	13	
Bestaande woningvoorraad	3	18	
Utiliteitsbouw	4	15	
Zonnestroom	2	17	140

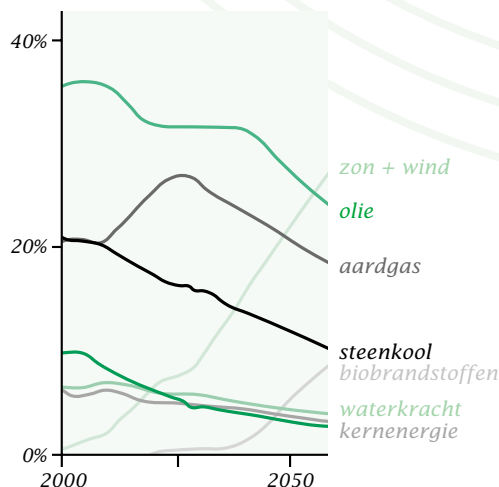
Tabel 1

Al in 2020 is in de gebouwde omgeving ruim 60 PJ uit duurzame bronnen te winnen. Dit is een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse doelstellingen ten aanzien van duurzame energie. Maar het is nog maar een opstapje voor benutting van een veel groter potentieel: in 2050 kan de helft van de energiebehoefte in de gebouwde omgeving met duurzame energie worden gedekt ²⁴.

Innovatie: een LAT-relatie tussen overheid en markt

In het voorgaande hebben we laten zien hoe we in de gebouwde omgeving stapsgewijs tot een duurzame energievoorziening kunnen komen. Belangrijke andere verbruikssectoren zijn transport en industrie. Er zijn verschillende scenario's die aangeven hoe op nationaal niveau of wereldniveau de ontwikkeling naar een duurzame energievoorziening kan verlopen. Figuur 10 is de weergave van een door Shell gepresenteerd scenario dat er toe leidt dat op wereldschaal na 2050 meer dan helft van de energie uit duurzame energiebronnen afkomstig is. Duurzaam geproduceerde brandstoffen spelen in dit soort vergaande scenario's een belangrijke rol. Brandstof wordt gebruikt in de transportsector, maar ook is brandstof is een energieopslagmedium waarmee het fluctuerend aanbod van zonne-energie en windenergie opgevangen kan worden. Belangrijke kandidaten zijn uit bio-energie gewonnen brandstoffen zoals biogas of bio-diesel, en waterstof geproduceerd uit elektriciteit die door windenergie of zonne-energie is opgewekt.

Een dergelijke ingrijpende verandering in onze energievoorziening komt niet vanzelf tot stand. Gezien het maatschappelijk belang ervan - het verminderen van onze afhankelijkheid van fossiele energiebronnen - komt dan ook de vraag op in hoe-



Figuur 10

De ontwikkeling van het energie-aanbod volgens het door Shell gepresenteerde scenario "Dynamics as Usual".

verre het proces kan worden bevorderd. En meer in het bijzonder: hoe overheidsmiddelen het meest effectief en efficiënt kunnen worden ingezet om de overgang naar een duurzame energievoorziening naderbij te brengen. Om deze vraag te kunnen beantwoorden eerst maar wat theorie.

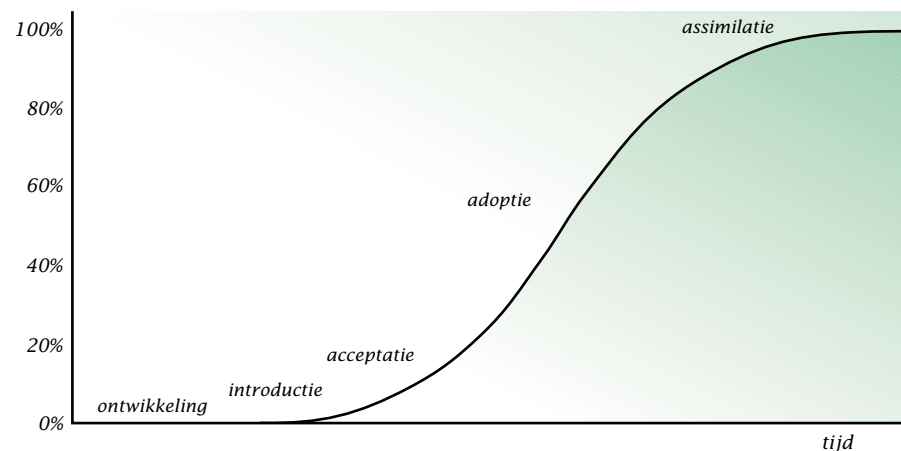
Een overgang naar een duurzame energievoorziening kan worden opgevat als een proces van innovatie en diffusie. Wat verstaan wij hier onder innovatie? Innovatie is vernieuwing – "dingen anders gaan doen". Daarbij gaat het in zijn algemeenheid zeker niet alleen om tech-

nologische vernieuwing. Als voorbeeld van een niet-technologische vernieuwing wordt de laatste tijd vaak het voorbeeld van het TV-programma "Big Brother" aangehaald. Waar een klein land groot in kan zijn! Een voorbeeld van een niet-technologische vernieuwing in de energiesector is de introductie van "groene stroom". Je blijft op dezelfde manier je elektriciteit uit het net halen, maar maakt met je leverancier de afspraak dat deze voor jou duurzaam geproduceerde elektriciteit inkoopt. Diffusie is het proces waarbij de toepassing van een innovatie zich uitbreidt. "Big Brother"-achtige

programma's op tien TV-kanalen tegelijk, en nu al meer dan 2 miljoen groene stroom klanten in Nederland!

Het proces is op te delen in een aantal fases, waarbij de mate waarin de innovatie tot diffusie komt volgens een S-vormige curve verloopt (zie figuur 11).

Innovatie en diffusie zijn geen autonome processen, automatisch voortkomend uit een uitvinding. Dat een uitvinding tot een toepasbaar product of dienst leidt is al redelijk uitzonderlijk. En dat die toepassing ook grote groepen gebruikers bereikt is nog uitzonderlijker.



Figuur 11

Diffusie van een innovatie volgens een S-curve. Hierbij worden de volgende fases onderscheiden: de ontwikkeling van de innovatie; de introductiefase, waarbij kleine groepen consumenten de innovatie toepassen; de acceptatiefase, waarbij de eerste 10-20% van de potentiële gebruikers wordt aangeboord; de adoptiefase waarin de toepassing van de innovatie breed wordt geaccepteerd; de assimilatiefase waarin de innovatie als een noodzakelijkheid wordt beschouwd.

We maken onderscheid tussen “technology push” en “demand pull” factoren. Bij “technology push” ligt de drijvende kracht bij de innovatie, die dan zo aantrekkelijk moet zijn dat iedereen het wil toepassen ook als de vraag eigenlijk eerder niet echt duidelijk aanwezig was. Bij “demand pull” is er wel sprake van een duidelijke vraag, en zullen de innovators hun best moeten doen om zo goed mogelijk aan die vraag te voldoen. In het algemeen is er bij een succesvol diffusieproces een wisselwerking aanwezig tussen “technology push” en “demand pull”.

Onzekerheid is een essentieel element in het proces. Het is niet van tevoren te voorspellen welke innovatie de markt zal gaan veroveren, en welke zal mislukken. Ondernemers die investeren in innovatie en marketing lopen dan ook risico's. In evolutietermen: het is een “survival of the fittest”. In de innovatieliteratuur is een stroming ontstaan die het proces van innovatie en diffusie als een evolutieproces beschrijft²⁵. Essentiële kenmerken van evolutie zijn variatie en selectie. In het proces van innovatie en diffusie houdt variatie in dat op ieder moment in de tijd nieuwe ideeën kunnen ontstaan, daar nieuwe producten of diensten uit voort kunnen komen, of bestaande producten en diensten kunnen worden aangepast. Het succes van deze vernieuwingen is een selectieproces.

Hoe dit selectieproces in zijn werk gaat kunnen we illustreren aan de hand van de eerder gepresenteerde case: energieprestatieverbetering in de gebouwde omgeving. We kunnen uit deze case leren hoe energie-innovaties in de achter ons liggende periode hun weg naar grootschalige toepassing hebben gevonden. Wie had er dertig jaar geleden van de HR-ketel gehoord? En waren isolatie en dubbel glas aanvankelijk niet iets voor wereldvreemde kabouters? We noemen enkele factoren die voor de succesvolle introductie van deze aanvankelijk nieuwe technologieën van cruciaal belang lijken te zijn geweest. Voor ieder van deze factoren wordt aangegeven in hoeverre ze algemenere geldigheid hebben en verwacht mag worden dat ze ook in de toekomst een rol blijven spelen.

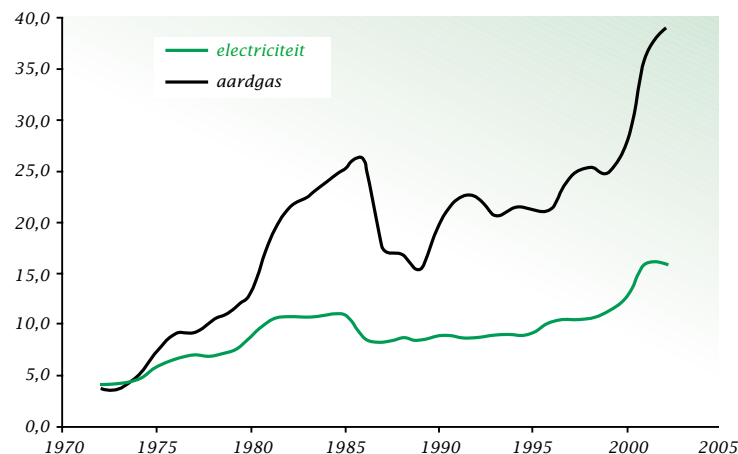
• Regelgeving.

De verbetering van de energieprestatie van nieuwbouwwoningen hangt direct samen met wettelijke regelgeving. In de periode tot 1995 waren dat isolatienormen in de Bouwverordening en in de subsidievoorwaarden voor sociale woningbouw. Na 1995 kwam hiervoor in de plaats de energieprestatienormering in het Bouwbesluit. Dat het stellen van milieunormen door de overheid innovatie in de hand kan werken geldt algemener. Strengere milieunormen prikkelen bedrijven tot innovatie. Deze innovatie kan vervolgens leiden tot een verbetering van de internationale concurrentiepositie²⁶.

• Energieprijzen.

De stijgende energieprijzen hebben bij de energieprestatieverbetering een belangrijke rol gespeeld. Zoals ook weer uit de actuele discussie over aanscherping van de EPN naar 0,8 blijkt, is voor de overheid aanscherping van normen alleen aanvaardbaar als de extra investeringskosten kunnen worden terugverdiend uit de energiebesparing. Hoe hoger de energieprijzen, hoe sneller een maatregel zich terugverdiend. De vraag rijst dan waarom die regelgeving eigenlijk nodig was. Als het om rendabele maatregelen gaat zal de consument toch ook zonder regelgeving tot investering overgaan? Er zijn vele redenen te noemen waarom dit niet automatisch gebeurt, maar de belangrijkste overweging

hier is dat het stellen van een norm zelf kostenverlaging in de hand werkt. Zodra een maatregel door normstelling onvermijdelijk wordt, neemt de afzet toe en dalen de kosten door schaalvoordelen. Uitdagende normstelling, dus normstelling die maatregelen bevordert die nog net niet rendabel zijn, werkt dus het best. De hoogte van de energieprijzen blijft een basisgegeven in de kosten/baten afwegingen, en een stijging ervan werkt innovatie in de hand. Dit is ook de gedachte achter de zogenaamde “vergroening” van het belastingstelsel: belasting op inkomen wordt verlaagd en belastingen op grondstofgebruik of milieubelastende activiteiten worden verhoogd.



Figuur 12

Ontwikkeling kleinverbruikersprijzen van elektriciteit en aardgas³⁰. Mede onder invloed van de regulerende energiebelasting zijn deze de laatste jaren fors gestegen.

• Subsidies.

Een andere financiële prikkel naast de hogere energieprij is het subsidiëren van een maatregel. Isolatiemaatregelen zijn in het verleden vooral in de bestaande voorraad gesubsidieerd, en niet in de nieuwbouw. Wel hebben consumenten enige tijd subsidie kunnen krijgen op een HR-ketel, ook in nieuwbouwsituaties. Datzelfde was tot eind 2003 het geval voor zonne-energie en warmtepompen. Voortzetting van deze subsidie-mogelijkheid via de zogenaamde energiepremieregeling staat op dit moment ter discussie. Subsidies lijken cruciaal bij het stimuleren van technologie in het eerste stadium van marktintroductie, als de technologie wel bewezen is maar alleen nog te duur. Ondernemers die in dit stadium van de markt willen opereren lopen extra risico's ²⁷. Een efficiënte besteding van overheidsmiddelen in de vorm van subsidies vereist een inschatting van enerzijds het belang van de technologie in een toekomstige energievoorziening en anderzijds een inschatting in hoeverre kostenverlaging inderdaad mogelijk is.

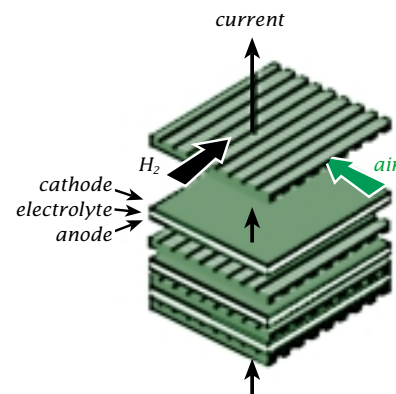
• Acceptatie door consumenten.

Kosten en baten zijn belangrijk voor consumenten, maar dat is niet het enige wat de consument interesseert. Het energiegebruik in een gebouw is sterk verbonden met comforthandhaving: een aan-

gename binnentemperatuur in winter én zomer, een goede binnenluchtkwaliteit, en altijd voldoende warm water voor in de keuken en badkamer. En de trend is richting méér comfort en méér aandacht voor gezondheid. Maatregelen die op dit aspect slecht scoren maken weinig kans op de markt. Maar voor maatregelen die op dit punt een meerwaarde hebben bestaat juist extra vraag, en dat mag dan ook wat meer kosten. Een voorbeeld uit het verleden is dubbel glas. De kosten-effectiviteit daarvan is lange tijd slechter geweest dan die van bijvoorbeeld dakisolatie, maar toch was de populariteit groter. Het waren comfort-overwegingen bij consumenten die de toepassing hebben versneld. Een recent voorbeeld is de introductie van warmtepompen. Deze doen het vooral goed in de kantoorsector omdat ze daar ook voor gebouwkoeling worden ingezet en dus een bijdrage leveren aan een beter comfort in de zomer. Maatregelen die ingrijpen in het ventilatiesysteem zullen worden beoordeeld op hun effect op de binnenluchtkwaliteit. Ook op dit punt zal nieuwe technologie een verbetering moeten zijn op bestaande technologie.

• Energie-infrastructuur.

Voor maatregelen zoals isolatie en HR-ketels waren geen aanpassingen in de energie-infrastructuur nodig. Sinds de jaren zestig zijn in Nederland de meeste woningen behalve op het elektriciteitsnet ook op het aardgasnet aangesloten en dat is sindsdien zo gebleven. In de toekomst kan dit veranderen. Bij een doorbraak van elektrische warmtepompen wordt aardgas hoogstens nog voor koken gebruikt en dan ligt het voor de hand het gasnet achterwege te laten. Ook kan in de toekomst het aantal op een warmtenet aangesloten woningen nog toenemen ²⁸. Het aardgasnet kan andere gasvormige brandstoffen gaan transporteren, bijvoorbeeld synthesesgas uit de verbranding van biomassa of waterstof geproduceerd uit windenergie ²⁹. Als inderdaad waterstof in woningen beschikbaar komt zal ook de toepassing van brandstofcellen voor kleinschalige warmte- én elektriciteitsproductie vergemakkelijkt worden.



• Onderzoek en ontwikkeling.

Ten behoeve van energieprestatieverbetering in gebouwen is veel onderzoeks- en ontwikkelingswerk verricht, voor een belangrijk deel ondersteund door de overheid. Een voorbeeld daarvan is de ontwikkeling van de HR-ketel. Een prototype daarvan is ontwikkeld door de Gasunie, waarna de producenten alleen de laatste fase van de productontwikkeling zelf hoefden te dragen. Bij instituten zoals TNO en ECN worden meerjarige onderzoeksprogramma's uitgevoerd gericht op de ontwikkeling van nieuwe energietechnologie. Voor zonnestroom bijvoorbeeld hoort het Nederlandse onderzoek bij de top-vijf in de wereld. Ook worden proefprojecten en demonstratieprojecten vanuit overheidsprogramma's ondersteund. Om de effectiviteit van het onderzoek te vergroten geldt in het algemeen wel als eis dat bedrijven mee-investeren in de ontwikkeling. Groei in de budgetten voor onderzoek en ontwikkeling is de komende tijd vooral te verwachten door uitbreiding van de EU-ondersteuning.

De brandstofcel

In een brandstofcel wordt via een elektrochemische omzetting met een hoog rendement elektriciteit geproduceerd. Ook de vrijkomende warmte kan worden benut, bijvoorbeeld voor woningverwarming. De meeste brandstofceltypen werken op waterstof. Schema: ECN.

De samenhang tussen bovengenoemde factoren is groot. De hele ontwikkeling naar steeds betere energieprestaties blijkt een dynamisch samenspel van onderzoek en ontwikkeling, subsidies in de aanloopfase van een technologie, uitdagende normstelling en stijgende energieprijzen. We beschreven de ontwikkeling als een selectieproces. Daar horen ook mislukkingen en doodlopende wegen bij, en die zijn er inderdaad geweest. Zo waren de eerste energiezuinige woningen van isolerende luiken voorzien die de bewoners 's nachts dicht moesten doen. Dit idee is naderhand nauwelijks nog toegepast. De ontwikkeling van steeds beter isolerend dubbel glas maakt luiken tot een te omslachtige manier om de warmteverliezen te beperken. Ook van translucente isolatie – een ooit als veelbelovend aangemerkte combinatie van isolatie en zon-invang – wordt maar weinig meer vernomen. Ook dit idee is ingehaald door steeds beter isolerende beglazing dat dezelfde eigenschappen heeft maar veel goedkoper geproduceerd kan worden. Isolatie aan de buitenzijde van een gevel – in theorie veel beter omdat thermische massa binnen de isolatie meer zonnewarmte kan absorberen – wil nog steeds niet doorbreken in Nederland. Er is ook veel technologie beschikbaar waar nog wel mogelijkheden voor zijn, maar waarvan de ontwikkeling tot nu toe veel langzamer gaat dan

eerder voorspeld. Zo zijn warmtepompen in de woningbouw aan een opmars begonnen (zie figuur 8), maar deze opmars was al veel eerder verwacht. Deze lijst is nog aan te vullen met veel meer voorbeelden. De conclusie mag zijn dat de verbetering in energieprestatie aanzienlijk is geweest – beter zelfs dan voorspeld in technisch/ economische analyses (zie figuur 5) – maar dat deze verbetering tot stand is gekomen door technologische ontwikkelingen die niet van tevoren waren voorzien.

We keren terug naar de vraag of het proces van innovatie en diffusie kan worden bevorderd, en hoe de overheid daar een stimulerende rol in kan spelen. In de gepresenteerde case blijkt de rol van de overheid inderdaad groot te zijn geweest. De overheid heeft middelen ingezet voor onderzoek en ontwikkeling, en voor subsidies in de introductiefase. Ook heeft de overheid normen gesteld, en een energiebelasting ingevoerd die de energieprijzen verhoogt. Een paar lessen over de gebruikte beleidsinstrumenten kunnen worden getrokken:

- De overstap van middelvoorschriften – isolatienormen gedifferentieerd naar gebouwdeel – naar een doelvoorschrift – de energieprestatienorm – lijkt een goede greep te zijn geweest. Met de prestatienorm worden meer maatregelen gestimuleerd dan voorheen. Deze

bevordert de innovatie omdat marktpartijen voortdurend worden gestimuleerd zelf naar de meest efficiënte oplossingen te zoeken.

- De normstelling had meer “uitdaging” kunnen zijn. Door te wachten met aanscherpen van de normen totdat er consensus is over de haalbaarheid en kosteneffectiviteit daarvan wordt de kracht van het instrument niet volledig benut. De innovatiekracht van de markt is door de overheid voortdurend onderschat.
- Subsidies voor maatregelen als aanvulling op de andere beleidsinstrumenten kunnen een tijdelijk karakter hebben. Subsidies hebben vooral een rol in het creëren van een markt voor maatregelen die aan het begin van een technologische ontwikkeling staan, en waarvan mag worden verwacht dat de kosten nog kunnen dalen. Verlaging van het subsidieniveau kan dan gelijke tred houden met de marktontwikkeling. Voor marktpartijen die in een dergelijke ontwikkeling stappen is het wel van belang dat er meerjarige zekerheid is over de subsidiëring. Het abrupt stoppen van subsidies zoals thans dreigt rond de energiepremieregeling frustreert juist de innovators in de markt.
- Het innovatieproces is een proces van variatie en selectie waar inherente onzekerheden aan vast zitten. Voor een succesvol innovatieproces is dus experimenteertruimte nodig. Pogingen om vanuit de

overheidsdoelstellingen op mathematische wijze vast te willen stellen welke maatregelen aan die doelstellingen moeten gaan bijdragen, om daar dan vervolgens alle overheidsmiddelen op in te zetten, kunnen met enige scepsis worden bezien.

Om complexe innovatieprocessen systematisch te kunnen ondersteunen is er inmiddels een hele boekencast vol geschreven over het zogenaamde “transitiemanagement”. Een transitie is gedefinieerd als een structurele maatschappelijke verandering die het resultaat is van op elkaar inwerkende en elkaar versterkende ontwikkelingen op het gebied van economie, cultuur, technologie, instituties en natuur&milieu³¹. Transitiemanagement houdt in dat een gemeenschappelijk doel wordt gesteld – een aantrekkelijke visie die door veel partijen wordt gedeeld. Vervolgens worden de inspanningen van partijen – voor de overheid zijn dat haar beleidsinstrumenten en de daarvoor beschikbare budgetten – erop gericht zo goed mogelijk naar dat doel toe te werken. Een volgende stap kan zijn ook het pad naar het doel te willen vastleggen in een zogenaamde roadmap. We hebben zojuist geconstateerd dat het van tevoren vastleggen van een innovatiepad zijn beperkingen kent. Teveel detail in een dergelijke roadmap opnemen lijkt dan ook niet aan te bevelen.

Terug naar de case van de energieprestatieverbetering in de gebouwde omgeving kunnen we daarvoor nu de contouren van een niet al te gedetailleerde, en dus werkbare, roadmap vaststellen. In figuur 9 zijn de belangrijkste ingrediënten al weergegeven. Er is een doel gesteld: EPC=0 over tien jaar. En er is geconstateerd dat voor het bereiken van dit doel met name zonne-energie en warmtepompen de ruimte moeten krijgen zich verder te ontwikkelen. Niet behandeld hier, maar wel essentieel, is het opstellen van een plan om dit prestatieniveau ook in de bestaande voorraad stapsgewijs te gaan benaderen.

Het welslagen van de transitie naar een duurzame energievoorziening vereist een meerjarig commitment van overheid en kennisinstellingen. Hogescholen mogen zich ook rekenen onder de kennisinstellingen. Tijd dus om te bekijken wat de rol van de Saxion Hogescholen kan zijn.

Bij Saxion werken aan een duurzame energievoorziening

We hebben de voorbeelden van innovaties in de energievoorziening dicht bij huis gezocht: de woning. We eindigen nog dicht bij huis: de hogeschool waar wij nu zijn. Traditioneel worden hogescholen vooral als opleidingsinstituten gezien. Zij leveren hoog opgeleid personeel en dragen daarmee bij aan het innovatiepotentieel van de samenleving. Daarnaast echter is het de ambitie van hogescholen en zeker ook van Saxion om een grotere en directere rol te gaan spelen in kennisontwikkeling en innovatie. Dit sluit aan bij nieuwe opvattingen over kennismanagement. Een pionier hierin was Harry van den Kroonenberg, uitvinder van de ondernemende universiteit en zeer actief in Twente onder andere als Rector Magnificus van de Universiteit Twente. Hij keerde zich tegen de traditionele opvatting dat kennisoverdracht éénrichtingsverkeer is, waarbij kennis stroomt van wetenschap via technologie naar de markt. Kenniswerkers zouden meer naar de markt moeten luisteren, zo was zijn opvatting ³².

Tegenwoordig spreken we van “kenniscirculatie”. Hierbij gaan we ervan uit dat de meeste innovaties tot stand komen in een circulair proces, in nauwe interactie tussen kennisinstellingen en gebruikers. Saxion wil gaan optreden als partner in deze kenniscirculatie. Dit geldt vooral in de richting van het midden- en kleinbedrijf (MKB). Er zijn al veel contacten tussen Saxion en het MKB in de vorm van stages en dual onderwijs. Dit biedt voor Saxion goede mogelijkheden om zich te verbreden van opleidingsinstituut tot regionaal kenniscentrum. Lectoraten spelen hierbij een belangrijke rol. Deze hebben als taak om programma's voor toegepast onderzoek op te bouwen aan de hogeschool, met speciale aandacht voor de kennisbehoefte bij het MKB in de regio. Het onderzoek wordt benut om de opleidingen te voeden met actuele kennis. Zowel docenten als studenten worden bij dit onderzoek betrokken. Hiermee wordt het begrip kenniscirculatie in de praktijk gebracht.

Wat dit concreet betekent kunnen we illustreren aan de hand van de plannen van het lectoraat Duurzame Energievoorziening. Algemeen doel van het lectoraat is het bevorderen van kenniscirculatie ten behoeve van een duurzame energievoorziening. Rondom de lector is een groep docenten gevormd - een kenniskring - die meehelpen dit doel te bereiken. De kennisontwikkeling richt zich

sterk op het realiseren van een duurzame energievoorziening in de gebouwde omgeving. Het is dan ook niet toevallig dat daar in deze rede veel aandacht aan is besteed. De roadmap waarvan de contouren hierboven zijn geschetst vormt het kader voor een belangrijk deel van de kennisontwikkeling binnen het lectoraat. De gebouwde omgeving biedt veel mogelijkheden voor energie-efficiency en duurzame energie. Bij het benutten van die mogelijkheden is het MKB sterk betrokken. Het gaat daarbij niet alleen om leveranciers van duurzame energiesystemen, maar om vrijwel alle bedrijven die bij de bouw en instandhouding van gebouwen en gebouwinstallaties zijn betrokken. Naast het MKB zijn ook partijen als woningcorporaties en gemeenten partners in de verbetering van de energieprestatie van gebouwen.

Zoals u eerder deze middag heeft kunnen vernemen zijn er in en op het gebouw van de Saxion Hogeschool Enschede faciliteiten gerealiseerd voor het ontwikkelen en testen van nieuwe technologie op het gebied van energie-efficiency en duurzame energie. Deze faciliteiten zullen de komende tijd worden uitgebreid en ingezet voor onderzoek. Speerpunten in dit componentgerichte onderzoeksprogramma zijn warmtepompen, zonnewarmtesystemen en de netinpassing van duurzame energiesystemen. Een ander

belangrijk speerpunt in het onderzoeksprogramma is meer op het gebouw als geheel gericht. Duurzaam bouwen is daarbij de leidraad en dat omvat naast het energie-aspect ook aspecten als materiaalgebruik en watergebruik. Er is al een aantal gebouw- of gebiedsgerichte studies uitgevoerd en dat aantal zal de komende tijd verder worden uitgebreid. Ook wordt de bouw van een demonstratiewoning met extreem lage warmtebehoefte voorbereid. Dat laatste is een voorbeeld van het belang van internationale samenwerking: in Duitsland is de laatste tijd veel ervaring opgedaan met zeer energiezuinig bouwen en die kennis leent zich voor verbreiding in Nederland.



De Turby

Een kleine windturbine die binnenkort op het dak van de Saxion Hogeschool Enschede te bewonderen zal zijn.



Metten aan warmterugwinning uit ventilatielucht

Energielaboratorium Saxion Hogeschool Enschede.

Een zonnewarmte-opstelling voor het testen van nieuwe systeemvarianten

Dak Saxion Hogeschool Enschede.



Kennisontwikkeling ten behoeve van een duurzame energievoorziening is niet alleen technologisch van aard. Om te beginnen is de aanleiding al maatschappelijk: de wens om de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen. Dat daarvoor nieuwe technologie moet worden ontwikkeld is duidelijk, maar in de uitwerking daarvan zal met vele niet-technische factoren rekening moeten worden gehouden. We hebben gezien dat de “selectieomgeving” voor innovaties veelomvattend is. Hierin spelen afwegingen van onder andere economische, bedrijfskundige, sociaal-psychologische, juridische, bestuurskundige en planologische aard. Het realiseren van een duurzame energievoorziening vraagt dus om de inzet van vele disciplines. Lectoraat en kenniskring richten zich dan ook op een groot

aantal opleidingen binnen Saxion. Nu al participeren docenten uit een vijftal opleidingen in de kenniskring. Maar behalve om docenten gaat het uiteraard ook om de participatie van studenten.

Het lectoraat heeft zich ten doel gesteld om studenten van zoveel mogelijk opleidingen al in de eerste jaren van hun studie kennis te laten maken met de begrippen duurzame ontwikkeling en duurzame energievoorziening. Het onderwerp leent zich goed voor vormen van projectgestuurd onderwijs waarbij wordt geleerd de kennis van eigen discipline toe te passen op een case in de energievoorziening. Daarnaast krijgen studenten de mogelijkheid te participeren in het onderzoek van lectoraat en kenniskring. Dit gebeurt individueel – bijvoorbeeld in de

vorm van een stage of afstudeeropdracht – maar ook in groepen die multidisciplinair kunnen zijn samengesteld. Studenten krijgen hiermee de mogelijkheid onderzoeksvaardigheden te verwerven. Ook extern gefinancierd onderzoek leent zich voor de inzet van studenten. In enkele projecten is reeds ervaring opgedaan met een werkmodel waarbij studentenbijdragen door docenten worden gecontroleerd en eventueel aangevuld als nog niet volledig aan de overeengekomen kwaliteitsafspraken werd voldaan. Er zijn verschillende momenten in de opleidingen waar projectmatig uitgevoerd onderzoek kan worden ingebouwd.

Genoemd werden al stages en afstudeerprojecten. Een andere belangrijke mogelijkheid voor studenten om in het werk van de kenniskring te participeren is door het volgen van de specialisatie duurzame energie. Zoals eerder deze middag uiteengezet bestaat deze specialisatiemogelijkheid al enkele jaren. In aansluiting op de te introduceren zogenaamde major/minor structuur zal deze specialisatie worden omgezet in een minor-programma dat een half studiejaar in beslag neemt. Dit programma is bedoeld voor studenten die zich willen voorbereiden op een betrekking gerelateerd aan het verduurzamen van de energievoorziening, maar biedt zoals vermeld ook goede mogelijkheden om onderzoekservaring op te doen die even-

tueel op andere werkterreinen toepasbaar is.

Onderzoek en onderwijs zullen dus in nauwe relatie tot elkaar worden ontwikkeld. En in nauwe relatie tot de gebruikers. Op dit punt aangeland past een oproep aan al deze gebruikers – bedrijven, instellingen, overheden én studenten – om mét ons te werken aan een duurzame energievoorziening. Met het oog op morgen!

Ter afsluiting

Al ruim twintig jaar houd ik mij bezig met energievraagstukken. Veel mensen hebben mij daarbij geïnspireerd. Teveel om op te noemen, maar een paar mensen wil ik toch in het bijzonder bedanken voor hun inbreng in mijn ontwikkeling. Chris Westra die mij bij de Universiteit van Amsterdam heeft binnengehaald, maar ook een belangrijke rol speelde in mijn overstap naar ECN en mijn ontwikkeling daar. Lucas Reijnders die mij gesteund heeft als promotor, en een lichtend voorbeeld is van hoe je maatschappelijk engagement kan combineren met gedegen wetenschappelijke arbeid. Chris Zydeveld die al twintig jaar geleden liet zien hoe je woningen kan bouwen die bijna geen energie gebruiken. Jos Beurskens die de eerste was die mij ook leidinggevende verantwoordelijkheden liet dragen. Wim Sinke die mijn ogen heeft geopend voor de mogelijkheden van zonnestroom en – dit even tussendoor – nog geëerd mag worden als uitvinder van de term energie-akker als toekomstbeeld voor de gebouwde omgeving. Teun Bokhoven die mij heeft ingewijd in het bestuurlijke leven rond duurzame energie. En nou ja ik had al gewaarschuwd dat ik teveel inspirators heb gehad om ze allemaal op te noemen.

De Raad van Bestuur van de Saxion Hogescholen ben ik dank verschuldigd voor de geboden mogelijkheid om met het lectoraat vanuit een voor mij nieuwe invalshoek aan energie en duurzaamheid te kunnen werken. Belangrijke ondersteuning krijg ik daarbij van Peter van Dam als eerstverantwoordelijke voor het lectoraat, en van Joop Ouwehand die ook het lectoraat heeft voorbereid. Ik verheug mij verder in een kenniskring waarvan de leden een grote betrokkenheid bij het onderwerp tonen, en in de ondersteuning van mijn kamergenote Ingrid Bargeman. Ik dank ook de vele andere collega's bij Saxion die hun interesse en medewerking tonen bij de ontwikkeling van het lectoraat.

Maar de bron van dit alles ligt bij mijn ouders. Zij en de rest van mijn familie hebben mij niets in de weg gelegd bij wat naar gangbare maatstaven wellicht een wat rommelig begin van een loopbaan mocht heten. Een loopbaan die mij de laatste jaren in reisafstand steeds verder weg leidt van mijn thuisbasis in Amsterdam. Ik dank mijn echtgenote Johanna Muller en mijn kinderen Joop, Rieke en Pim voor de manier waarop dit is opgevangen, en voor alle andere steun die ik heb mogen krijgen.

Over de auteur

Wim Gilijamse studeerde experimentele natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam. Van 1982 tot 1996 was hij werkzaam bij de Interfacultaire Vakgroep Milieukunde (IVAM) van de UvA. Hij voerde daar een reeks onderzoeksprojecten uit, voornamelijk op het thema energie in de gebouwde omgeving. Voor dit onderzoek was hij een deel van de tijd gedetacheerd bij achtereenvolgens de Dienst Volkshuisvesting van de Gemeente Amsterdam, de Algemene Energieraad en het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN). In 1993 promoveerde hij op het proefschrift "Fuel saving options in heat supply systems", met als promotoren Lucas Reijnders en Wim Turkenburg. Naast het onderzoek was hij betrokken bij het milieukundig onderwijsprogramma van de IVAM, met name in het interdisciplinair projectgestuurd onderwijs.

Van 1996 tot 2003 was Wim Gilijamse in dienst bij het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN). Daar was hij betrokken bij de opzet en uitbouw van de onderzoeksgroep "Duurzame



Energie in de Gebouwde Omgeving (DEGO)". Vanaf 1998 leidde hij deze onderzoeksgroep/business unit. Het DEGO-onderzoeksprogramma richt zich op de integratie van zonne-energie en warmtepompen in gebouwen, met als speerpunten PV Thermische systemen, compacte warmte-opslagsystemen, bouwkundige en elektrische integratie van PV, gebruik van ICT in energievraag- en aanbodsturing, en energieneutrale concepten. Van 2002 tot 2003 was Wim Gilijamse tevens managing director van EnerSearch AB, een Europees opererende onderneming die onderzoek uitvoert op het gebied van ICT in de energiesector.

Het lectoraat Duurzame Energievoorziening aan de Saxion Hogescholen bezet Wim Gilijamse vanaf april 2003. Op dit moment is hij tevens secretaris van de Stichting PromoDE - een organisatie die zich richt op het bevorderen van duurzame energie toepassing bij particulieren, en voorzitter van Holland Solar - de branchevereniging voor zonne-energie in Nederland.

Noten en literatuurverwijzingen

- ¹ Ged Davis, *Evolving sources or revolutionary technology – exploring alternative energy paths to 2050*, Oil & Money Conference, London, 2001.
- ² World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, Oxford University Press, 1987. Naar de voorzitter van deze commissie wordt dit rapport ook wel het "Brundtland rapport" genoemd.
- ³ Een brede opvatting van duurzame ontwikkeling wordt als grondslag gehanteerd voor het duurzaamheidsbeleid van de Nederlandse overheid. Zie daarvoor: Ministerie van VROM, Verkenning van het Rijksoverheidsbeleid in het kader van de Nationale Strategie voor Duurzame Ontwikkeling, 2002 en de Kabinetsreactie op de adviezen van de SER, de WRR en de RNMO over de Rijksoverheidsverkenning Nationale Strategie voor Duurzame Ontwikkeling, 2003.
- ⁴ Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR), *Duurzame ontwikkeling – bestuurlijke voorwaarden voor een mobiliserend beleid*, Sdu-Uitgevers, 2002.
- ⁵ European Commission, *Towards a European strategy for the security of energy supply*, Green Paper, Office for the official publication of the European Communities, 2001. De cijfers gelden voor de EU-30, dus inclusief de lidstaten die in 2004 toetreden en de kandidaat-lidstaten.
- ⁶ Voor een boeiend historisch overzicht van de verbondenheid tussen wereldpolitiek en olievoorziening zie: Daniel Yergin, *The Prize - the epic quest for oil, money and power*, Simon & Schuster, 1991.
- ⁷ Ernst von Weizsäcker, Amory B. Lovins and L. Hunter Lovins, *Factor four – doubling wealth, halving resource use*, The new report to the club of Rome, Earthscan, London, 1997.
- ⁸ Interdepartementaal Onderzoekprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling, DTO visie; technologie, sleutel tot een duurzame welvaart, ten Hagen & Stam, Den Haag, 1997.
- ⁹ Het gebouwgebonden energiegebruik is afgeleid van de EPC-berekening van voorbeeld 1 in: Nederlands Normalisatie Instituut (NNI), NPR 5129 'Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen – Rekenprogramma en handboek', versie 1.2, NNI, mei 2002. Het overig verbruik is afgeleid van: EnergieNed, Basisonderzoek Elektriciteitsverbruik Kleinverbruikers BEK 2000, EnergieNed, april 2002 en: EnergieNed, Basisonderzoek Aardgasverbruik Kleinverbruikers BAK 2000, EnergieNed, november 2001.

- ¹⁰ De EPC-berekeningsmethode is vastgelegd in: Nederlands Normalisatie Instituut (NNI), NEN 5128 'Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - Bepalingsmethode', NNI, december 2001. In de EPC-berekening wordt alle verbruik teruggerekend naar het zogenaamde primair energiegebruik, verbonden aan de toevoer van energiedragers aardgas, warmte of elektriciteit. Daarbij wordt teruggerekend naar uiteindelijk fossiele inputs. Dat een klein deel van het elektriciteitsgebruik nu al uit duurzame energiebronnen afkomstig is, en dat een consument dat kan beïnvloeden door groene stroom in te kopen, is niet in deze berekening opgenomen.
- ¹¹ H.A.L.van Dijk, P.Euser, B.Mertens en S.J.Mook, Basisstudie herziening isolatienormen, Stuurgroep Energie en Gebouwen, 1979.
- ¹² W.J.de Graaf en M.J.Weerdenburg, Vraag naar energie in de gebouwde omgeving, Studie A, fase 2, Rapport nr. 11685, Bouwcentrum, 1987.
- ¹³ A.G.Melman, H.Boot en G.Gerritse, Energiebesparingspotentiëlen 2015, TNO, 1990.
- ¹⁴ P.H.van Dijkum, T.Kram en F.R.Bogtstra, Energiebesparing gebouwde omgeving- een technische en economische vergelijking van besparingsmogelijkheden in de gebouwde omgeving, ESC-16, Energie Studie Centrum, Petten, 1981.
- ¹⁵ DHV, Evaluatie minimum energie-woning - evaluatie van een praktijkexperiment in Schiedam met 76 ééngezins minimum energie woningen, DHV Raadgevend ingenieursbureau, 1985.
- ¹⁶ DHV, Evaluatie Ecolonia - eindrapportage, DHV, 1994.
- ¹⁷ H.Jeeninga, M.Uyterlinde en J.Uitzinger, Energieverbruik van energiezuinige woningen - effecten van gedrag en besparingsmaatregelen op de spreiding in en de hoogte van het reële energiegebruik, rapportnr. ECN-C--01-072, ECN, 2001.
- ¹⁸ DHV, Regeleffecttoets aanscherping van de EPC van te bouwen woningen naar 0,8, DHV, 2003.
- ¹⁹ W.Gilijamse, E.J.Bakker en N.C.Sijpheer, Verbetering energieprestatie nieuwbouwwoningen - verslag eerste fase project Ecobuild-Research, rapportnr. ECN-C--04-018, ECN, februari 2004.
- ²⁰ Ministerie van Economische Zaken, Derde Energienota, Kamerstukken II, 1995/1996, 24 525, nrs. 1-2.
- ²¹ Holland Solar, Jaarbericht 2003, Holland Solar, januari 2004.
- ²² S.Joosen, D.de Jager, W.Graus, W.J.A.Ruijgrok, Duurzame energie in Nederland 2002, Novem, 2003.
- ²³ W.Gilijamse, De gebouwde omgeving als energie-akker van de toekomst, TVVL Magazine 32, 60-65, 2003.
- ²⁴ Duurzame Energie Federatie, Energieonderzoek Centrum Nederland, Projectbureau Duurzame Energie en TNO-Bouw, DE-versnelling in de gebouwde omgeving: het stille potentieel (Verklaring van Rotterdam), Nederlandse Duurzame Energie Conferentie, 2002.
- ²⁵ Deze benadering vindt zijn oorsprong in: R.R.Nelson and S.G.Winter, In search for a useful theory of economic change, Research Policy 6:2, 36-76, 1977.
- ²⁶ De gepresenteerde case lijkt een bevestiging van de zogenaamde "Porter-hypothese". Deze luidt: "By stimulating innovation, strict environmental regulations can actually enhance competitiveness". Een overzicht van de literatuur hierover wordt gegeven in: C.Withagen, De Porter-hypothese belicht, rapportnr. 140, RMNO, 1999.
- ²⁷ Een ondernemer die in een vroeg stadium van de introductie van een technologie in deze technologie investeert kan een voorsprong opbouwen waardoor de aanloopkosten in een later stadium worden terugverdiend. Maar het is ook mogelijk dat de leereffecten weglekken naar concurrenten en de eerste innovator met een verlies blijft zitten. Het proces is gemodelleerd in: G.Silverberg, G.Dosi and L.Orsenigo, Innovation, diversity and diffusion: a self-organising model, The Economic Journal 98, 1032-1054, 1988.
- ²⁸ Nu al is ca. 11% van de woningen aangesloten op een blok- of wijkverwarmingssysteem. Een dergelijk warmtedistributiesysteem biedt kansen voor een andere vorm van energiebesparing: het benutten van restwarmte uit bijvoorbeeld elektriciteitsproductie. Er is twijfel mogelijk over de kansen van warmtedistributie in wijken met energiezuinige woningen. Zie bijvoorbeeld: W.Gilijamse and M.E.Boonstra, Energy efficiency in new houses - heat demand reduction versus cogeneration?, Energy and Buildings 23:1, 49-62, 1995. Of iets polemischer: W.Gilijamse en C.Zijdeveld, Eerst voorkomen, dan genezen, Energie- en Milieuspectrum, november 1997.
- ²⁹ H.Jeeninga, J.Jelsma, J.C.P.Kester, H.Burger, R.de Wildt en M.Damen, Klimaatneutrale energiedragers in de gebouwde omgeving - naar een actieplan, rapportnr. ECN-C--02-077, ECN, 2002.
- ³⁰ Energie in Nederland (www.energie.nl), Energie in cijfers, ECN, 2004.
- ³¹ J.Rotmans, R.Kemp, M.van Asselt, G.Verbon en K.Molendijk, Transitie en Transitie management, de casus van een emissiearme energievoorziening, ICIS BV, Maastricht, 2000.
- ³² De opvattingen van prof.dr.ir.H.H. van den Kroonenberg over kennis en markt zijn na zijn overlijden gebundeld in: Harry van den Kroonenberg, Ondernemen met kennis, Twente University Press, 1996.



Postbus 70.000
7500 KB Enschede
Internet www.saxion.nl
E-mail info@saxion.nl