

Quickscan energie en ruimte



# Quickscan energie en ruimte

## Raakvlakken tussen energiebeleid en ruimtelijke ordening

Anton van Hoorn, Joost Tennekes en Ruud van den Wijngaart

**Quickscan energie en ruimte. Raakvlakken tussen energiebeleid en ruimtelijke ordening**

© Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

Den Haag/Bilthoven, 2010

ISBN: 978-90-78645-33-7

Contact: [anton.vanhoorn@pbl.nl](mailto:anton.vanhoorn@pbl.nl)

U kunt de publicatie downloaden of bestellen via de website [www.pbl.nl](http://www.pbl.nl), of opvragen via [reports@pbl.nl](mailto:reports@pbl.nl) onder vermelding van het ISBN-nummer en uw postadres.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Planbureau voor de Leefomgeving, de titel van de publicatie en het jaartal.

Het Planbureau voor de Leefomgeving is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en altijd wetenschappelijk gefundeerd.

Planbureau voor de Leefomgeving

Vestiging Den Haag	Vestiging Bilthoven
Postbus 30314	Postbus 303
2500 GH Den Haag	3720 AH Bilthoven
T 070 3288700	T 030-2742745
F 070 3288799	F 030-2744479
E: <a href="mailto:info@pbl.nl">info@pbl.nl</a>	
<a href="http://www.pbl.nl">www.pbl.nl</a>	

# Inhoud

## ■ Samenvatting 7

## Bevindingen 9

### ■ Quickscan energie en ruimte 11

Inleiding 11

Energiemaatregelen in de gebouwde omgeving 12

Windenergie 13

Energiemaatregelen voor automobilititeit 15

Biomassa 17

Carbon Capture and Storage (CCS) 18

Conclusies 18

## Verdieping 23

### ■ Begrippenkader 25

1.1 Wat verstaan we onder effecten? 25

1.2 Wat verstaan we onder ruimtelijke ordening? 25

### ■ Het Klimaat- en Energiepakket 27

2.1 Het Europese Klimaat- en Energiepakket 27

2.2 Het Nederlandse klimaatbeleid: Schoon en Zuinig 28

2.3 Van beleid naar maatregelen en ruimtelijke ingrepen 28

### ■ Energiemaatregelen in de gebouwde omgeving 31

3.1 Benodigde maatregelen 31

3.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren 33

3.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen 34

3.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van ruimtelijke ordening 35

3.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening 35

### ■ Windenergieketen 37

4.1 Benodigde maatregelen 37

4.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren 38

4.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen 40

4.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van ruimtelijke ordening 41

4.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening 41

### ■ Energiemaatregelen voor automobilititeit 43

5.1 Benodigde maatregelen 43

5.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren 45

5.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen 46

5.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van de ruimtelijke ordening 46

5.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening 46

- Biomassa 49
  - 6.1 Benodigde maatregelen 49
  - 6.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren 50
  - 6.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen 51
  - 6.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van de ruimtelijke ordening 52
  - 6.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening 53
  
- Carbon Capture and Storage (CCS) 55
  - 7.1 Benodigde maatregelen 56
  - 7.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren 56
  - 7.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen 57
  - 7.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van de ruimtelijke ordening 58
  - 7.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening 58
  
- Bijlage 59
  
- Literatuur 61

# Samenvatting

- Veel maatregelen die nodig zijn om de klimaat- en energiedoelstellingen van het kabinet te realiseren, hebben gevolgen voor de ruimtelijke inrichting van Nederland. Dit onderzoek inventariseert de raakvlakken tussen energiewaarderingen en ruimtelijke ordening om knelpunten en kansen te identificeren voor het halen van de energiedoelen in 2020, zoals ze in het beleidsprogramma Schoon en Zuinig zijn beschreven.
- Knelpunten treden op verschillende manieren op:
  - ruimtelijke procedures lopen achter op nieuw beschikbare energietechnieken; zo waren warmte-en-koelopslag- en biovergistingsinstallaties enige tijd wel beschikbaar op de markt, maar onbekend bij de instanties die er een vergunning voor zouden moeten verlenen;
  - (ruimtelijke) actoren zijn onbekend met beschikbare energietechnieken of terughoudend in het toepassen daarvan;
  - procedures lopen vertraging op, bijvoorbeeld door inspraakrondes voor de omwonenden;
  - energiewaarderingen blijken soms onverenigbaar met doelen in het ruimtelijk beleid.
- Deze knelpunten treden lang niet altijd op en vaak zijn andere kaders dan de ruimtelijke ordening, bijvoorbeeld financiering of te lage kosteneffectiviteit, een grotere belemmering voor de energiewaarderingen.
- De raakvlakken tussen energiewaarderingen en ruimtelijke ordening bieden ook kansen. Zo worden de energiedoelen door ruimtelijke plannen beter mogelijk gemaakt:
  - ruimtelijke planvorming kan de implementatie van duurzame energievoorziening versnellen. Tijdige ruimtelijke plannen voor bijvoorbeeld de oplaadpunten voor elektrische auto's kunnen helpen om de invoering van elektrisch rijden te versnellen.
  - heldere ruimtelijke plannen, zoals een gebiedsvisie, dragen ook bij aan de communicatie over moeilijke onderwerpen met het publiek.
- De doelen in het ruimtelijk beleid zijn soms gebaat bij een visie die aansluit op energiewaarderingen, bijvoorbeeld:
  - een aantal energiewaarderingen in de gebouwde omgeving leidt ook tot meer comfort in gebouwen, en zo tot een hogere kwaliteit van de gebouwenvoorraad;
  - energiewaarderingen voor mobiliteit verbeteren ook de luchtkwaliteit in binnensteden, waardoor er meer mogelijkheden voor verdichting zijn;
  - de teelt, productie en distributie van biomassa blijken een interessante ontwerpaanleiding te zijn in gebiedsvisies.
- Het is dan ook van belang om energie een expliciet onderdeel te laten zijn in stedelijke, regionale en nationale ruimtelijke visies.
- Voor de volgende thema's is het de moeite waard om de relatie tussen energie en ruimte verder te bestuderen:
  - energiebeheer in de stad: in de stad komen verschillende soorten maatregelen en doelen samen, zoals besparingsdoelen voor de gebouwde omgeving en mobiliteit, de productie van biomassa en van decentrale hernieuwbare energie. Een stedelijke visie op energie kan vereenvoudigend werken, actoren op het juiste moment samenbrengen, en de aansluiting tussen energiedoelen en ruimtelijke beleidsdoelen voor de stad in beeld brengen.
  - energielandschappen: windenergie en biomassa leiden tot veranderingen in het landschap, bijvoorbeeld door de bouw van windturbines en vergistingsinstallaties en door de teelt van biogewassen. Biomassa heeft regionale distributienetwerken nodig. Een geïntegreerde ruimtelijke visie kan nieuwe kansen aanboren voor combinaties met andere functies (zoals bosbouw of de teelt van energiegewassen) en voor beperking en compensatie van negatieve ruimtelijke effecten.
  - infrastructuur voor energie: door de energietransitie verschuift het belang van distributienetten voor gas, elektriciteit en warmte. Daarnaast zijn er uitbreidingen van netwerken nodig en soms zelfs hele nieuwe technieken. Over de ruimtelijke effecten daarvan en de mogelijke structurerende werking bijvoorbeeld op stedelijke ontwikkelingslocaties, of locaties voor de ontwikkeling van glastuinbouw is nog niet alles bekend.
  - energiewaarderingen op de Noordzee: de Noordzee is een bron van windenergie en biedt ook locaties voor CO<sub>2</sub>-opslag. In de toekomst levert de Noordzee mogelijk ook biomassa en waterkracht. Er is nog onvoldoende kennis over de ecologische effecten van windenergie en andere activiteiten op zee. Daarnaast is ruimtelijk beleid op de Noordzee gewenst, om het belang van de (conflicterende) planologische functies af te wegen.



# Bevindingen





# Quickscan energie en ruimte

## Raakvlakken tussen energiebeleid en ruimtelijke ordening

*Het werken aan een duurzame energievoorziening heeft gevolgen voor de ruimtelijke inrichting van Nederland: de toepassing van nieuwe energietechnologieën verandert het aanzien van woningen en kantoorgebouwen, de inrichting van steden, het landschap en het gebruik van de ondergrond. Daardoor hebben de maatregelen die nodig zijn om de Europese en Nederlandse energiedoelstellingen te realiseren, raakvlakken met ruimtelijke procedures en kunnen daar misschien zelfs in vastlopen. Er zijn ook voorbeelden waarbij ruimtelijk beleid juist in staat blijkt om de energiemaatregelen in goede banen te leiden. Dit onderzoek inventariseert de raakvlakken tussen energiemaatregelen en ruimtelijke ordening om knelpunten en kansen te identificeren.*

### Inleiding

#### Aanleiding

In het werkprogramma Schoon en Zuinig heeft het kabinet aangegeven met welke maatregelen het de klimaat- en energiedoelen voor 2020 wil realiseren (zie Verdieping paragraaf 2.2). Een deel van de voorgestelde maatregelen leidt tot ingrepen in de ruimtelijke inrichting. Daarom heeft het ministerie van VROM het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gevraagd te inventariseren wat de ruimtelijke ordening kan doen om bij te dragen aan de realisatie van de doelstelling van het werkprogramma Schoon en Zuinig in 2020. Die doelstelling heeft het kabinet in het coalitieakkoord als volgt geformuleerd:

- een reductie van de nationale broeikasgasemissies van 30 procent in 2020 ten opzichte van 1990;
- een aandeel van 20 procent hernieuwbare energie in 2020;
- een gemiddelde energiebesparing van 2 procent per jaar in de periode 2011-2020.

Er zijn ten minste twee redenen om kennis te vergaren over de ruimtelijke ingrepen die nodig zijn om de klimaat- en energiedoelen te realiseren. Ten eerste vereist een goede ruimtelijke ordening de afweging van deze ingrepen ten opzichte van andere ruimtelijke belangen. Uit een eerdere studie van het Ruimtelijk Planbureau (Gordijn et al. 2003) is bekend dat veranderingen in de energiesector het ruimtelijk beeld van Nederland kunnen veranderen. Mogelijk leiden deze veranderingen tot knelpunten voor de doelen van het ruimtelijk beleid. Het ruimtelijk beleid formuleert immers doelen voor bereikbaarheid, regionale economie, landschap, woningmarkt en leefbaarheid. Voor een goede afstemming tussen de verschillende doelen, is het van belang kennis te nemen van

de Europese en Nederlandse energiedoelen en -maatregelen en de ruimtelijke implicaties van de energietransitie te kunnen inschatten.<sup>1</sup>

Ten tweede biedt de ruimtelijke ordening mogelijkheden om de realisatie van de klimaat- en energiedoelen te versnellen en verbeteren. De implementatie van de energiemaatregelen kan immers door de bestaande regels en doelen in de ruimtelijke ordening vertraging oplopen en zelfs vastraken, maar ook juist door vernieuwde en tijdige ruimtelijke planvorming worden versneld. De ruimtelijke ordening kan – door een duidelijke en transparante context te creëren – voorwaarden-scheppend en stimulerend werken voor duurzame energie, ook al is dit geen ruimtelijk doel op zich. Andersom geldt dat de energiemaatregelen kunnen bijdragen aan doelen in het ruimtelijk beleid, mits de energiemaatregelen door tijdige ruimtelijke planvorming worden gecoördineerd. Het ruimtelijk beleid maakt hier (incidenteel) ook al gebruik van.<sup>2</sup>

Enige nuancering is hier overigens op zijn plaats. De ruimtelijke ordening is niet het primaire domein waarbinnen de energiedoelen tot stand moeten komen. Veel maatregelen vallen binnen processen van de industrie of de energiesector. Vaak is ruimtelijke regelgeving niet het meest efficiënte instrumentarium om maatregelen te versnellen; dit geldt ook voor de ruimtelijk relevante maatregelen. Bovendien moeten ruimtelijke visies en kaders niet altijd wijken wanneer de energiedoelen in gevaar komen; soms zijn de ingrepen voor de energiedoelen onverenigbaar met doelen in de ruimtelijke ordening.

#### Vraagstelling

Gegeven de noodzaak om maatregelen te treffen voor een duurzame energievoorziening en gegeven de ruimtelijke impact die deze maatregelen bij elkaar opgeteld kunnen

hebben, loont het te inventariseren waar de raakvlakken tussen energiebeleid en ruimte zich bevinden. Kennis van deze raakvlakken is mogelijk behulpzaam om de energiedoelen sneller te halen, met een betere ruimtelijke afweging. In deze studie stellen we ons daarom de volgende vraag:

*In hoeverre voorziet de ruimtelijke ordening in mogelijkheden om de klimaat- en energiedoelen te realiseren, en welke aanvullingen in de ruimtelijke ordening kunnen de realisatie versnellen?*

#### *Wat verstaan we onder ruimtelijke ordening?*

Ruimtelijke ordening is een breed begrip, waaronder veel verschillende regelingen en actoren verstaan kunnen worden. Voor deze studie sluiten we aan bij de definitie van VROM (Maas et al. 2009).

De ruimtelijke ordening is volgens deze definitie opgebouwd uit visies, kaders en projecten. *Visies* zijn documenten die de ruimtelijke beleidsdoelen beschrijven. Een voorbeeld daarvan is de structuurvisie. Een structuurvisie beschrijft het ruimtelijk beleid voor een bepaald gebied en meestal voor een termijn van 10 tot 20 jaar of meer. De *kaders* bestaan uit: de wet- en regelgeving, zoals de Wro en de AMvB Ruimte; de bestuurlijke afspraken en beleidsdocumenten, zoals het Nationaal Waterplan en de Agenda Landschap; en convenanten tussen overheid en bedrijfsleven. Samen beschrijven deze elementen onder andere de stappen in procedures en welke actoren bij elke stap aan zet zijn. *Projecten* zijn in deze studie ingrepen in de ruimtelijke inrichting of in het gebruik van de ruimte. Dit zijn enerzijds ingrepen die gericht zijn op het bereiken van de energiedoelen, en anderzijds ruimtelijke ingrepen die om een andere reden nodig zijn, maar wel (wezenlijk) helpen om de energiedoelen te halen. Een uitgebreidere beschrijving van deze opvatting over de betekenis van ruimtelijke ordening staat in het eerste hoofdstuk van de Verdieping.

#### *Hoe beantwoorden we de vraag?*

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn verschillende stappen nodig. Eerst moeten we weten wat de benodigde maatregelen zijn en hoe die 'landen' in ruimtelijke ingrepen, en welke effecten deze ingrepen hebben. We moeten ook weten hoe de maatregelen georganiseerd worden en wie de betrokken actoren zijn. Immers, zonder beslissingen van actoren komen er helemaal geen projecten tot stand. Vervolgens kunnen we nagaan of de ruimtelijke kaders en visies voldoende houvast bieden om de benodigde ingrepen uit te (laten) voeren en om de ruimtelijke effecten af te wegen tegen ruimtelijke doelen. Ten slotte kunnen we in de bovenstaande inventarisatie aanknopingspunten zoeken voor mogelijke aanvullingen in de ruimtelijke ordening, die de afweging verbeteren of de energiedoelen dichterbij brengen.

Er zijn zeer veel (meer of minder realistische) maatregelen voor energie denkbaar, zeker op de lange termijn, dus moeten we ons in deze inventarisatie beperken. We baseren ons daarom op een set maatregelen die nodig is om de doelen voor Schoon en Zuinig te halen. De set is samengesteld in eerdere studies van ECN en PBL (Van Dril et al. 2009). Voor onze analyse groeperen we deze energiemaatregelen in een samenhangend ruimtelijk patroon: van winning van energie (de bron) via het distributienetwerk naar de afnemer. We onderscheiden voor deze analyse vijf groepen maatregelen:

- energiemaatregelen in de gebouwde omgeving,
- uitbreiden van het aandeel windenergie in de energievoorziening,
- energiemaatregelen voor automobilititeit,
- uitbreiding van het gebruik van biomassa,
- de toepassing van *carbon capture and storage* (CCS).

Voor een toelichting op de keuze voor deze maatregelen en de indeling in groepen zie de Verdieping, paragraaf 2.3. Op basis van de eerdere studies van het ECN en PBL kunnen we met deze groepen het belang van ruimtelijke ordening voor het energiedossier schetsen. Geen van de energiedoelen wordt gehaald zonder maatregelen die ruimtelijk relevant zijn (zie figuur 1). De doelstelling voor hernieuwbare energie wordt zelfs uitsluitend gehaald met maatregelen die een grote ruimtelijk impact hebben. De energiebesparing moet voor een groot deel uit de ruimtelijke sectoren, gebouwde omgeving en mobiliteit, voortkomen.

Hierna vatten we de belangrijkste bevindingen per groep maatregelen samen. We behandelen kort de benodigde maatregelen. Vervolgens gaan we in op de vraag of ruimtelijke kaders en visies hierop ingericht zijn. Daarvoor baseren we ons op de inventarisatie van maatregelen, actoren en effecten, die hier alleen aangestipt zijn wanneer ze relevant bleken voor de bevinding. Ten slotte behandelen we welke mogelijke aanknopingspunten er in de ruimtelijke ordening zijn om een aanvullende bijdrage te leveren aan de energiedoelen. We sluiten de Bevindingen af met conclusies over de rol van de ruimtelijke ordening in het energiedossier en een vooruitblik naar de langere termijn.

In de Verdieping geven we een toelichting op enkele centrale begrippen (ruimtelijke ordening, ruimtelijke effecten) en op het energiebeleid. Vervolgens werken we de inventarisatie van benodigde maatregelen en hun ruimtelijke context uit. De bijlage bevat een begrippenlijst voor energiejargon.

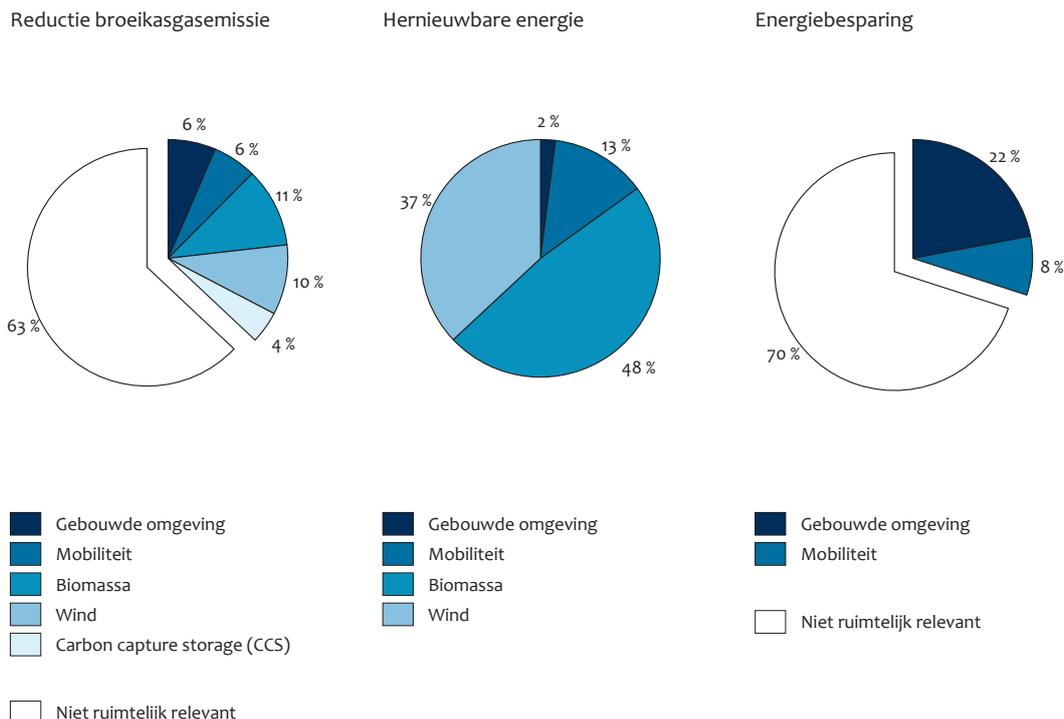
## Energiemaatregelen in de gebouwde omgeving

### Benodigde maatregelen

De belangrijkste maatregelen in de gebouwde omgeving (zie figuur 2) liggen tot 2020 bij de vraag naar energie; dit zijn maatregelen op het gebied van energiebesparing, zoals vraagvermindering van energie door hogere isolatie en energie-efficiëntieverbetering van apparaten. Verbeteringen op het gebied van het energieaanbod spelen tot 2020 een bescheiden rol in de gebouwde omgeving. Mogelijke ingrepen aan de aanbodzijde zijn kleinschalige energieopwekking door zon, wind, biomassa, aardwarmte en restwarmtestromen. Van restwarmtestromen wordt op korte termijn de grootste bijdrage verwacht. Voor deze stromen is warmte-infrastructuur van belang, bijvoorbeeld om restwarmte van de industrie bij woonwijken te krijgen. Ook de toepassing van warmte- en koudeopslag (WKO) onder de grond vraagt om specifieke infrastructuur.

### Analyse kaders en visies

De energiemaatregelen in de gebouwde omgeving kennen misschien niet zo'n omvangrijk ruimtebeslag als andere energiemaatregelen, maar er zijn verschillende complicerende factoren:



- gebouwen hebben wisselende functies en daardoor andere energieprofielen;
- in de hele bouwsector moeten op elkaar afgestemde acties veranderen, wat veel coördinatie vraagt;
- het is niet altijd duidelijk wie de probleemeigenaar is doordat bouw, eigendom en gebruik bij verschillende actoren liggen;
- innovaties vragen soms om nieuwe procedures.

Met de regels voor de bouw (het Bouwbesluit en andere normen) kan het Rijk de energietransitie geleidelijk doorvoeren, maar dat alleen levert voor de doelstelling van Schoon en Zuinig onvoldoende resultaat. De bouwregels zijn namelijk alleen verplichtend voor nieuwbouw en zelfs daar zijn regels alleen niet voldoende. De technische mogelijkheden voor bijvoorbeeld energieneutrale nieuwbouw zijn voorhanden, maar er zijn financiële drempels en afstemmingsproblemen tussen de vele bij de bouw betrokken partijen. Daarnaast houden bouwvoorschriften innovatieve oplossingen soms onnodig tegen.

Voor de bestaande bouw heeft het Rijk minder mogelijkheden om de energiemaatregelen door te voeren. Het blijkt in de praktijk lastig de juiste actoren te mobiliseren voor ingrepen in de bestaande gebouwde omgeving, onder andere doordat het Rijk niet achteraf regels aan de bestaande bouw kan verbinden.

Daarnaast zijn er in de ruimtelijke regelgeving op het stedelijk schaalniveau belemmeringen om maatregelen te treffen aan de bestaande bouw. Voorbeelden hiervan zijn: randvoorwaarden die het bestemmingsplan, de welstandscommissie en monumentenzorg stellen aan de renovatie van gebouwen, waardoor buitengevels niet kunnen worden geïsoleerd. Eigenaren van monumenten zouden daardoor bijvoorbeeld moeten uitwijken naar andere, veel duurdere energiemaat-

regelen, waartoe ze minder bereid zijn. Het resultaat is dat de praktijk achterblijft op de doelstellingen.

### Mogelijke bijdragen van de ruimtelijke ordening

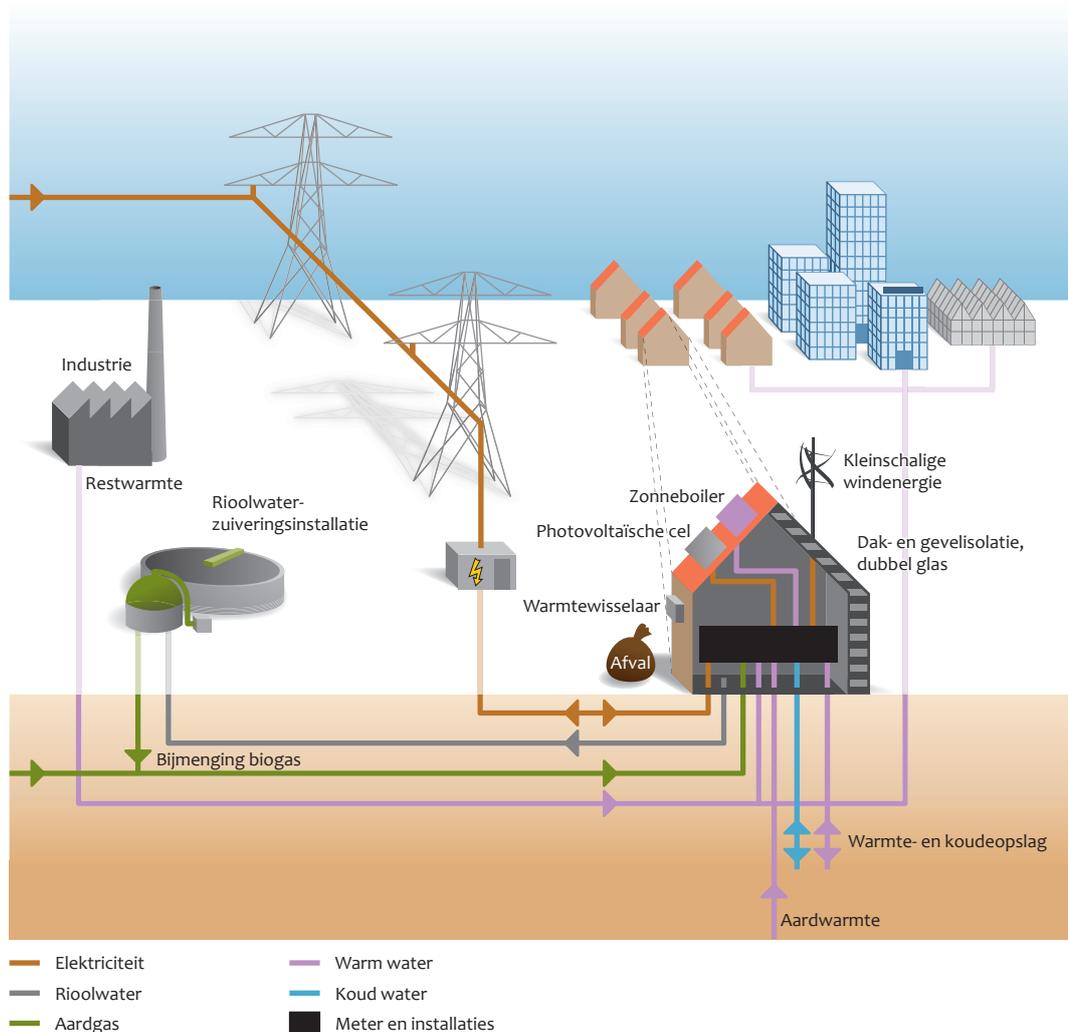
Dat de gebouwde omgeving als ruimtelijke sector achterblijft in de energiedoelstellingen wil niet zeggen dat dit probleem het beste via de ruimtelijke ordening kan worden opgelost. Mogelijk is het efficiënter als het Rijk op een andere manier maatregelen inzet voor energiebesparing in de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld fiscale middelen die huiseigenaren motiveren energiebesparende maatregelen te treffen, of een algemene CO<sub>2</sub>-tax.

Toch biedt ook de ruimtelijke ordening mogelijkheden. Overheden die betrokken zijn bij de bouw kunnen meer aandacht vragen voor energie, bijvoorbeeld door meer voorlichting te geven en door aanvullende energie-eisen te stellen bij vergunningaanvragen. Daarnaast kan energie onderwerp zijn van of in stedelijke structuurvisies, zoals in de praktijk al blijkt. Steden presenteren al langetermijnvisies op wonen in de stad, op buitenruimte en op verkeer; slechts enkele (maar steeds meer) doen dat ook voor het thema energie. Een visie op de manier waarop energie de stad en zijn gebouwen verandert, is relevant gezien de vele benodigde maatregelen, de totale ruimtelijke impact en de hoge investeringen. Met name de warmte-infrastructuur, warmte-isolatie en bijzondere gebouwen als monumenten vergen aandacht.

### Windenergie

#### Benodigde maatregelen

Schoon en Zuinig beoogt een flinke uitbreiding van het areaal windenergie. De keten van windenergie is gesplitst in windenergie op land en op zee (zie figuur 3). Voor beide varianten



zijn uitbreidingen en veranderingen van het elektriciteitsnetwerk nodig. Aanbieders van windenergie op land variëren van grootschalige energiebedrijven tot kleinschalige landeigenaren, bijvoorbeeld agrariërs.

#### Analyse kaders en visies

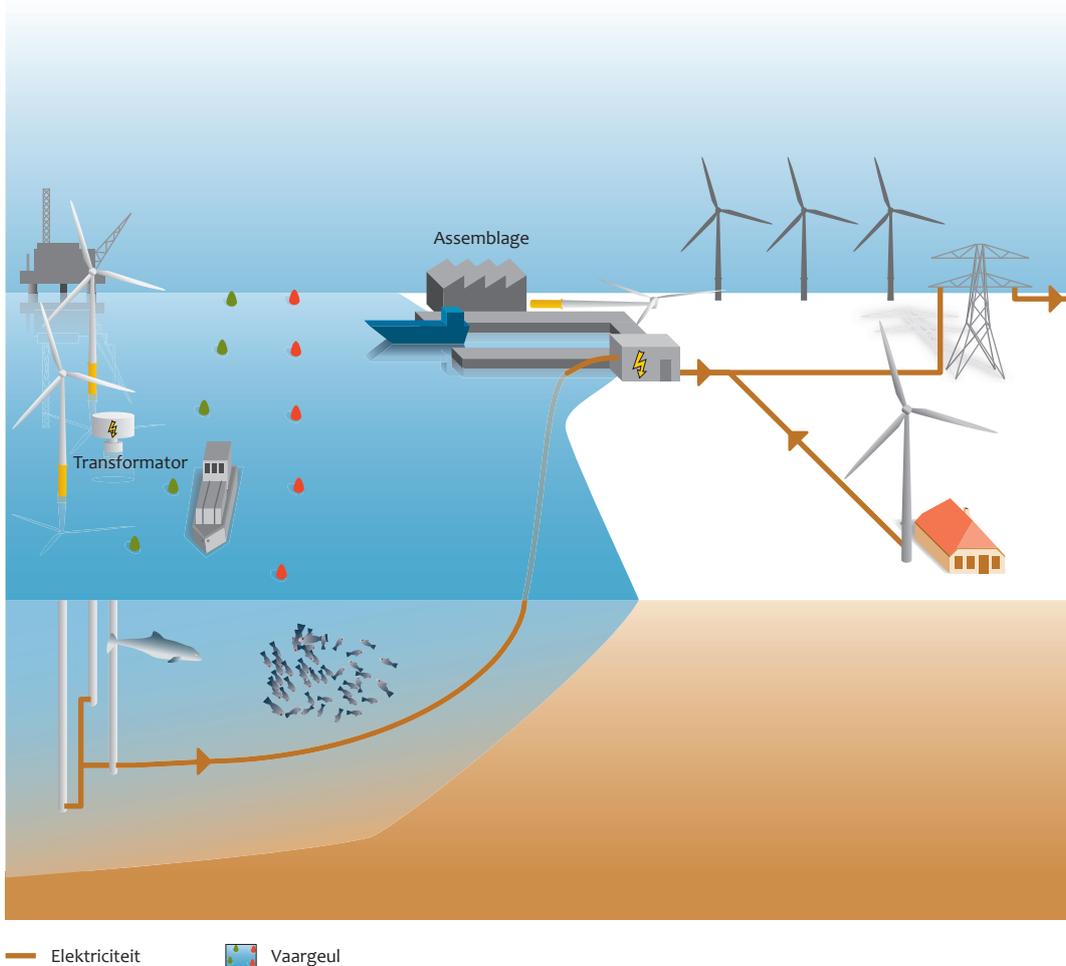
De plaatsing van windturbines op land is voorzien in de planologische kaders van de ruimtelijke ordening. Voor windturbines is voldoende plaatsingsruimte en windsterkte nodig. Daarnaast mogen ze bijvoorbeeld niet de luchtvaart (radar) of natuur verstoren. Ook mogen ze niet voor fysieke overlast voor omwonenden zorgen, bijvoorbeeld in de vorm van geluidhinder, zichthinder (slagschaduw, flikkering, schittering), of verhoogd risico op zware ongevallen met windturbines. Een bijzondere vorm van overlast is de ervaren verstoring van het landschap. De windturbine zou een aantasting vormen van de beleving van de natuurlijkheid, de schaal, de openheid of de historische identiteit van het landschap. Ook op zee kunnen windturbines en andere planologische functies elkaar in de weg zitten en doet zich mogelijk ook verstoring van landschapsbeleving en natuur voor. De ruimtelijke procedures voor de aanleg van windturbines voorzien wel in veel ruimte voor inspraak van burgers;

deze communicatie met het publiek maakt deel uit van een zorgvuldige ruimtelijke afweging. Wel wordt de vergunningverlening hier in veel gevallen door vertraagd. De minister van VROM heeft planologische middelen om inpassing van windparken te versnellen, mocht de planvorming in onredelijke mate stagneren. Deze middelen zijn overigens bedoeld voor incidenteel gebruik.

De plaatsing van windturbines op zee is eveneens voorzien in planologische kaders. Voorstellen voor windparken zijn gebonden aan ruimtelijke contouren die het ministerie van Verkeer en Waterstaat vooraf heeft gesteld. De ruimtelijke effecten van windenergie op zee worden per vergunningaanvraag getoetst. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat werkt ook aan een ruimtelijke gebruiksvisie voor de Noordzee, die de inpassing van windparken in een bredere context plaatst. De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie verplicht de lidstaten aan de Noordzee om dergelijke plannen te maken.

#### Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

Een mogelijkheid om de ruimtelijke afweging voor windenergie op land te verbeteren, is het inbedden van plannen voor windparken in regionale ontwikkelingsvisies. Dit heeft



twee voordelen. Enerzijds raken windparken de beleving van het publiek op regionale schaal. Vanwege hun omvang zijn windturbines namelijk op tientallen kilometers afstand te zien; sommige mensen ervaren dit als hinderlijk. Een regionaal ontwerp voor windparken, dat past bij het landschap, kan deze ervaring misschien niet wegnemen, maar biedt wel een moment om de argumenten van bezwaarmakers constructief te bespreken. Mogelijk volgen hieruit betere locaties of scherpere eisen aan ontwerpen voor groot-schalige windparken. Anderzijds gelden rond windturbines ook planologische regels die de toekomstige ruimtelijke ontwikkeling op die locaties kunnen belemmeren. Hoewel deze regels bij de inpassing worden getoetst, wordt daarbij niet altijd een integraal regionaal ontwikkelingsbeeld gehanteerd.

Het inpassingsvraagstuk van windturbines krijgt de komende tijd meer urgentie, zowel op land als op zee. Windenergie op land wordt langzamerhand goedkoper en heeft voor 2020 geen subsidie meer nodig. Wanneer windturbines zelfstandig renderen, vereist dit een andere visie dan alleen het aanwijzen van grootschalige windparken. Het ministerie van VROM werkt al aan een landelijke visie waarin ook zogenoemde *vides* zijn voorzien; locaties waar windturbines niet gewenst zijn. Gezien de genoemde belevingshinder die mensen van windturbines ervaren en de mogelijke door-

groei van het windenergieareaal bij rendabele exploitatie, is het niet uitgesloten dat ook op regionale schaal behoefte is aan *vides*. Deze moeten tijdig vastgelegd worden in provinciale structuurvisies, plankaarten en verordeningen, willen ze van betekenis zijn.

Er is daarnaast meer onderzoek nodig naar de ruimtelijke aspecten van een forse doorgroei van windparken op zee. Een belangrijk onderwerp daarin is het totale ecologische effect van geluid. Geluid is onder water tot op grote afstand te horen en windturbines veroorzaken extra geluid onder water wanneer ze in werking zijn. De optelsom van alle geluidbronnen en de effecten daarvan zijn nog onvoldoende in kaart gebracht. Daarnaast zijn het belang en de effecten van windenergie nog niet afgewogen tegen die van andere planologische functies van de zee. Nu schikt windenergie zich nog in de ruimte die andere functies overlaten. Op lange termijn is dit een kostbare en mogelijk ook inefficiënte keuze.

### Energiemaatregelen voor automobilititeit

#### Benodigde maatregelen

De belangrijkste benodigde maatregelen tot 2020 zijn: zuiniger rijgedrag (lagere snelheid, 'het nieuwe rijden'), beperken van de vraag naar de automobilititeit (minder ritten,

minder kilometers, bijvoorbeeld door kilometerheffing), zuinigere auto's (CO<sub>2</sub>-norm voor nieuwe auto's) en het bijmengen van biobrandstof. Op de langere termijn moeten personenvervoer en distributie van goederen in steden met een andere techniek aangedreven en in een andere opzet georganiseerd worden. Daarvan zien we voor 2020 al de eerste grootschalige experimenten in de praktijk. Maatgevend voor het succes van de besparing in de mobiliteit is het gedrag van de consument: die moet uiteindelijk de zuinigere auto aanschaffen, eventueel andere vervoermiddelen kiezen dan de auto en zuiniger rijgedrag vertonen.

#### Analyse kaders en visies

Veel benodigde maatregelen voor automobilititeit leiden niet op korte termijn tot ingrepen in de ruimtelijke ordening. Inspanningen om zuiniger rijgedrag van automobilisten te bewerkstelligen bestaan immers grotendeels uit publieksvoorlichting. En zuinigere verbrandingsmotoren of de bijmenging van biomassa zijn evenmin een resultaat van ruimtelijke ordening; ze komen voort uit afspraken met autofabrikanten en richtlijnen voor de petrochemie. De ruimtelijke effecten van de teelt van gewassen voor biobrandstof zijn weliswaar aanzienlijk, maar deze vallen buiten het kader van dit rapport, omdat deze effecten vooral buiten Nederland liggen (zie onder biomassa).

Een aantal maatregelen leidt wel tot ingrepen in de ruimtelijke ordening, maar is niet nieuw. Denk hierbij aan ingrepen om de rijsnelheid en het rijgedrag te beïnvloeden. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot een uitbreiding van de bekende 30 km/h-zones of 80 km/h-trajecten. In het verlengde daarvan liggen aanpassingen van de weg-inrichting, bijvoorbeeld wegversmallingen en hogere bermen die de automobilist helpen de verleidingen van hard rijden te weerstaan. Dit soort ingrepen zijn gemeenplaats in de openbare ruimte. Ze zijn vaak primair bedoeld om de verkeersveiligheid te verhogen, maar ze helpen ook voor de energiedoelen.

Ten slotte zijn er maatregelen die juist wel veel raakvlakken hebben met de ruimtelijke ordening, of tenminste vragen om een planologisch-geografische afweging. De belangrijkste daarvan is kilometerheffing, maar ook de veranderende aandrijving van auto's en vrachtwagens hoort daarbij. Beide maatregelen hebben in potentie grote invloed op en wisselwerking met de verstedelijkingsopgaven. Beide hebben raakvlakken met andere (rijks)doelen in de ruimtelijke ordening en in de mobiliteit<sup>3</sup>, zoals een betere bereikbaarheid en het verlagen van overlast door wegverkeer.

Kilometerheffing is in de eerste plaats bedoeld om het autoverkeer terug te dringen, zodat er minder files ontstaan. In de tweede plaats wordt het milieu ermee ontlast, omdat er dan minder uitstoot is. De energiedoelstellingen zijn hierbij gebaat, omdat minder autoverkeer direct tot energiebesparing leidt en het energierendement bij rustig doorrijden hoger is dan bij files. De kilometerheffing leidt op lange termijn ook tot een andere uitsortering van wonen en werken. Mensen gaan dichter bij hun werk wonen of andersom. Dit effect is op korte termijn echter niet groot; de verwachting is dat automobilisten vooral uitwijkgedrag gaan vertonen door op andere tijdstippen of met andere vervoerswijzen te reizen. Een ander huis of ander werk vinden ze immers ook niet zomaar.

De verandering van de aandrijving van auto's en vrachtwagens vraagt om een verandering van het distributiesysteem voor energie (zie figuur 4). Vrijwel alle energie voor automobilititeit wordt nu getankt aan de pomp. De bijmenging van biobrandstof verandert daar niet veel aan; het blijft dezelfde pomp en ook de bevoorrading van de pomp blijft hetzelfde. Een aandrijving via waterstof of elektriciteit heeft wel consequenties voor de distributie. Dat geldt zowel voor het transport van de energie naar de pomp of het oplaadpunt, als de techniek van het oplaadpunt zelf.

Beide brandstoffen hebben verschillende technische opties voor de distributie ervan: van opwekking tot afnemer. Elektriciteit kan via het hoogspanningsnetwerk worden verspreid, maar vraagt nog wel om punten waar de voertuigen kunnen worden opgeladen. Waterstof kent centrale opwekking, en vervolgens distributie via buisleiding of tankwagen naar de pomp. Het is ook mogelijk waterstof decentraal op te wekken. In dat geval verloopt de distributie vergelijkbaar als met elektriciteit, alleen laadt men decentraal geen accu op maar een brandstofcel.

Voor beide brandstoffen zijn er geen nieuwe ruimtelijke kaders nodig om ze op korte termijn te gaan gebruiken. Waterstof geldt weliswaar als gevaarlijke stof, maar valt juist daardoor onder de bestaande milieuregels. Rijden op elektriciteit vereist weliswaar een uitbreiding van het elektriciteitsnetwerk, maar op korte termijn geen principiële nieuwe kaders. In beide gevallen is wel een grootschalige uitbreiding van het distributienetwerk nodig, wanneer de transitie in de aandrijving doorzet.

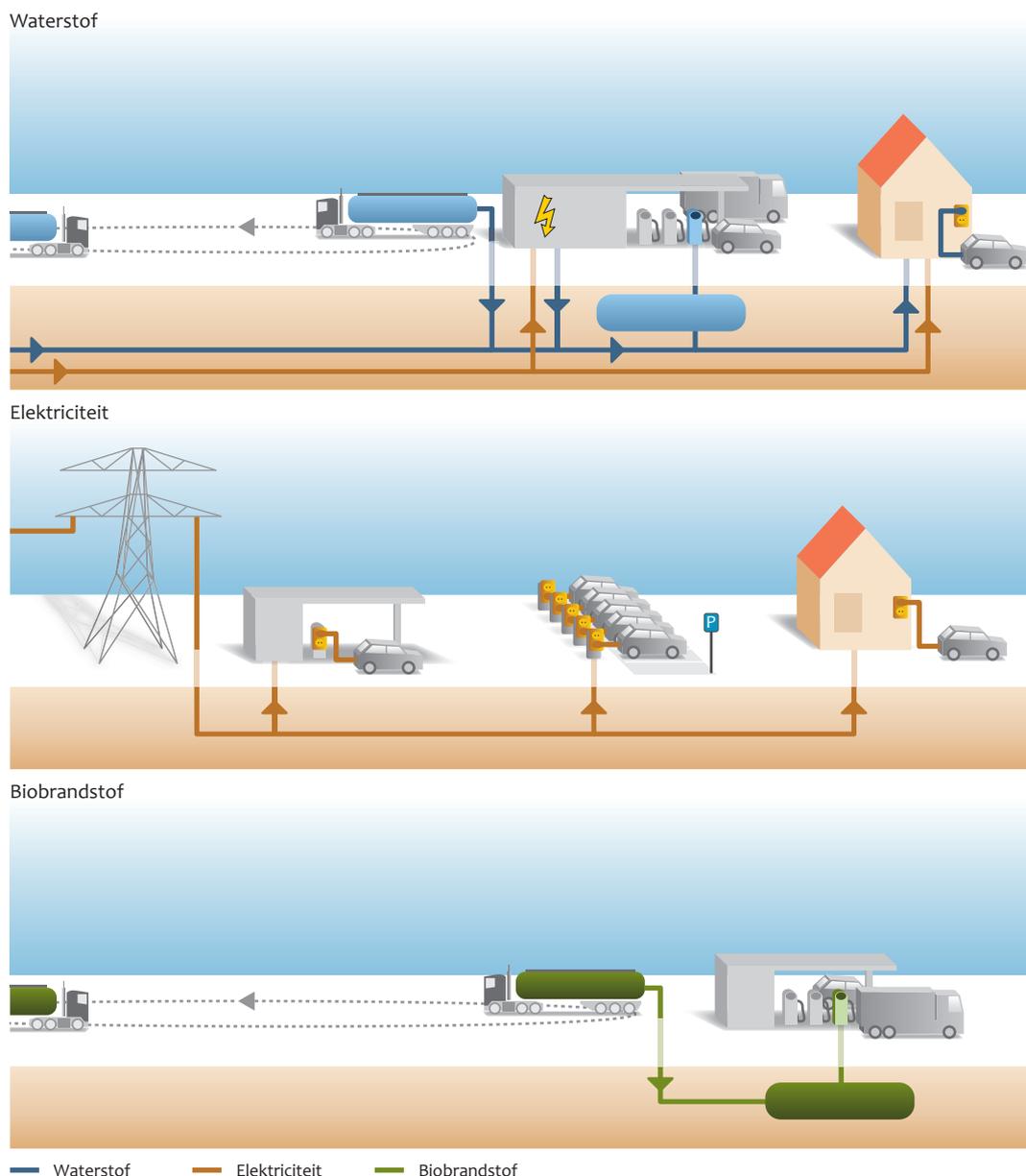
#### Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

Doordat automobilititeit en ruimtelijke ordening aan elkaar verbonden zijn op verschillende schaalniveaus, zijn er ook aanvullende bijdragen denkbaar waarin de ruimtelijke ordening een rol speelt.

Er zijn aanwijzingen dat verkeersmaatregelen en een andere inrichting van openbare ruimte de consument tot ander gedrag kunnen bewegen. Rijbaanversmallingen in combinatie met een verlaging van de toegestane rijsnelheden bijvoorbeeld, kunnen de verandering van rijstijl direct en effectief ondersteunen. Op het schaalniveau van wijk en stad kunnen een andere inrichting en organisatie van het verkeer zelfs leiden tot gebruik van andere vervoersmiddelen. Concrete voorbeelden daarvan zijn: voorrang voor elektrische auto's in parkeergarages, betere doorstroming voor het fietsverkeer, een uitbreiding van de voetgangerszone.

Een extra motivatie om de energiemaatregelen voor mobiliteit te faciliteren, is het verbeteren van de leefbaarheid in binnensteden. Door mobiliteit worden milieunormen voor luchtkwaliteit en geluidhinder in binnensteden overschreden. Een versnelde transitie naar schoner rijden zal de milieukwaliteit van de binnenstad sterk verbeteren en de mogelijkheid voor verdere stedelijke ontwikkeling verruimen. Ontwikkelingsvisies voor de binnenstad zijn dus gebaat bij stedelijke verkeer- en parkeervisies die actief inzetten op de energiedoelen. Voorbeelden in het buitenland gaan zelfs verder. Steeds meer Duitse steden beperken de toegang tot binnensteden voor vervuilend verkeer.

Ten slotte is er een wisselwerking tussen de uiteindelijke marktopname van de nieuwe aandrijftechnieken en de ruimtelijke opzet van de energiedistributie. Consumenten zullen hun aankoop van voertuigen op andere brandstoffen immers



mede baseren op de beschikbaarheid van de pompen en oplaadpunten. De opzet van het distributienetwerk vraagt om een ruimtelijke visie. Het is de vraag wie hiervan de probleem-eigenaar is, particuliere partijen of de overheid.

### Biomassa

#### Benodigde maatregelen

Tot 2020 draagt biomassa vooral bij aan de realisatie van de energiedoelstelling door drie methoden: het vergisten van reststoffen tot ‘groen gas’, het verbranden van biomassa in energiecentrales in plaats van kolen, en het gedeeltelijk vervangen van benzine en diesel door biobrandstof. Omdat de bron van biomassa in principe oneindig is, telt energie uit biomassa mee als duurzame energie. Daarnaast voorkomt de lokale inzet van beschikbare biomassa in (industriële)

productie de CO<sub>2</sub>-emissie die anders bij vervoer en productie van andere materialen vrij zou komen. Binnen de groep maatregelen voor biomassa onderscheiden we twee hoofdstromen (zie figuur 5). De eerste is een grote internationale stroom die grotendeels bestaat uit geteelde energiegewassen en bedoeld is voor grootschalige omzetting. De tweede stroom is regionaal en kent naast grootschalige omzetting een kleinschalige, decentrale omzetting. De toekomst van deze tweede stroom ligt niet zozeer in de teelt van energiegewassen als wel in het gebruik van bijproducten en reststoffen uit huishoudens, bedrijfsprocessen, agrarische activiteiten en natuurbeheer.

#### Analyse kaders en visies

De belangrijkste negatieve ruimtelijke effecten van biomassa zijn het gevolg van energieteelt in het buitenland. In de landen buiten Europa verdringt de teelt van biomassa op ingrij-

pende wijze andere functies, zoals natuur en voedselteelt. Een Europees certificeringssysteem voor (geïmporteerde) energiegewassen probeert daar vanaf 2012 verandering in te brengen. Voor energiegewassen die binnen Europa worden geteeld zijn hier al meer regels voor.

De ruimtelijke afwegingen voor de decentrale, lokale omzetting van biomassa vinden plaats in de provinciale of gemeentelijke procedure voor een bouw- en milieuv vergunning en in de bestemmingsplanprocedure. Voorheen traden er nog wel eens problemen op met het bestemmingsplan, omdat de installaties niet als een agrarische activiteit werden beschouwd. Inmiddels is echter een praktijk ontwikkeld om agrarische en industriële activiteiten helder te onderscheiden en om ruimtelijk maatwerk te leveren bij de inpassing van grote installaties in het landschappelijk gebied. Hoewel de installaties voor biomassa bijdragen aan een – mogelijk ongewenste – voortgaande industrialisatie van het agrarisch gebied, lijken de ruimtelijke kaders hierop redelijk goed ingericht.

#### Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

De ruimtelijke ordening kan op diverse manieren bijdragen aan de inzet van biomassa van Nederlandse bodem. Om te beginnen kan een regionale visie op de locatie van bronnen en afnemers de transportkosten van biomassa helpen terugdringen. Een belangrijk gedeelte van Nederlandse biomassa betreft immers reststoffen. Onder andere vanwege de lage energie-inhoud van reststoffen moeten de transportkosten daarvan beperkt blijven. Dat kan bijvoorbeeld door bronnen en afnemers te clusteren, of door specifieke infrastructuur aan te bieden.

Een andere bijdrage van de ruimtelijke ordening aan de productie van biomassa is de combinatie van functies. Teelt of aanplant met het oog op productie van biomassa wordt pas commercieel interessant in combinatie met andere (soms marginale) ruimtelijke functies, zoals recreatie of groenbeheer. Een ruimtelijke visie kan bijdragen aan de totstandkoming van deze combinatie. Andersom blijkt de combinatie in de praktijk een inspirerend concept voor gebiedsgerichte plannen, waarin bijvoorbeeld de teelt van energiegewassen de drager vormt voor innovatieve concepten voor regionaal groenbeheer.

### Carbon Capture and Storage (CCS)

#### Benodigde maatregelen

CCS is als techniek in de chemische industrie weliswaar bekend, maar bevindt zich voor grootschalige toepassing in de energiesector nog in de demonstratiefase. Grootschalige uitbreiding tot afvang bij energiecentrales is in principe wel mogelijk, maar moet zich de komende jaren in de praktijk bewijzen. Als dat lukt, kan CCS na 2020 een belangrijk aandeel leveren in de CO<sub>2</sub>-reductie.

CCS (zie figuur 6) behelst de afvang van CO<sub>2</sub>, dat vervolgens in buizen wordt getransporteerd en in de diepe ondergrond opgeslagen, bijvoorbeeld in oude gas- en olievelden. De geologische opslagcapaciteit onder Nederlandse bodem is beperkt, waardoor op de lange duur verder weg gelegen locaties gezocht moeten worden en meer transport nodig is. Het transport zou per boot of buisleiding plaats kunnen vinden. Naast geologische opslag is marginaal hergebruik

van CO<sub>2</sub> mogelijk, bijvoorbeeld in kassen of verwerkt in bouwmaterialen.

#### Analyse kaders en visies

De ruimtelijke ordening is slechts zijdelings betrokken bij CCS. De kaders voor de opslag van CO<sub>2</sub> zijn gegeven in sectorale regelgeving met betrekking tot de diepe ondergrond, onder andere de mijnbouwwet. De kaders voor het transport van CO<sub>2</sub> zijn vastgelegd in het beleid voor externe veiligheid. De buizen liggen niet diep in de ondergrond en daarom gelden er beperkingen voor bebouwing boven het tracé.

Het onderwerp verschijnt op de ruimtelijke agenda omdat onzeker is of eventuele lekken in de opslag gevolgen kunnen hebben boven de grond. Bij het project in Barendrecht zijn voorzieningen getroffen om de druk te monitoren en zo eventuele lekken te signaleren. Hoewel de uitvoerende partijen de kans op lekken nihil achten, bestaat er toch onrust en weerstand in de lokale politiek.

#### Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

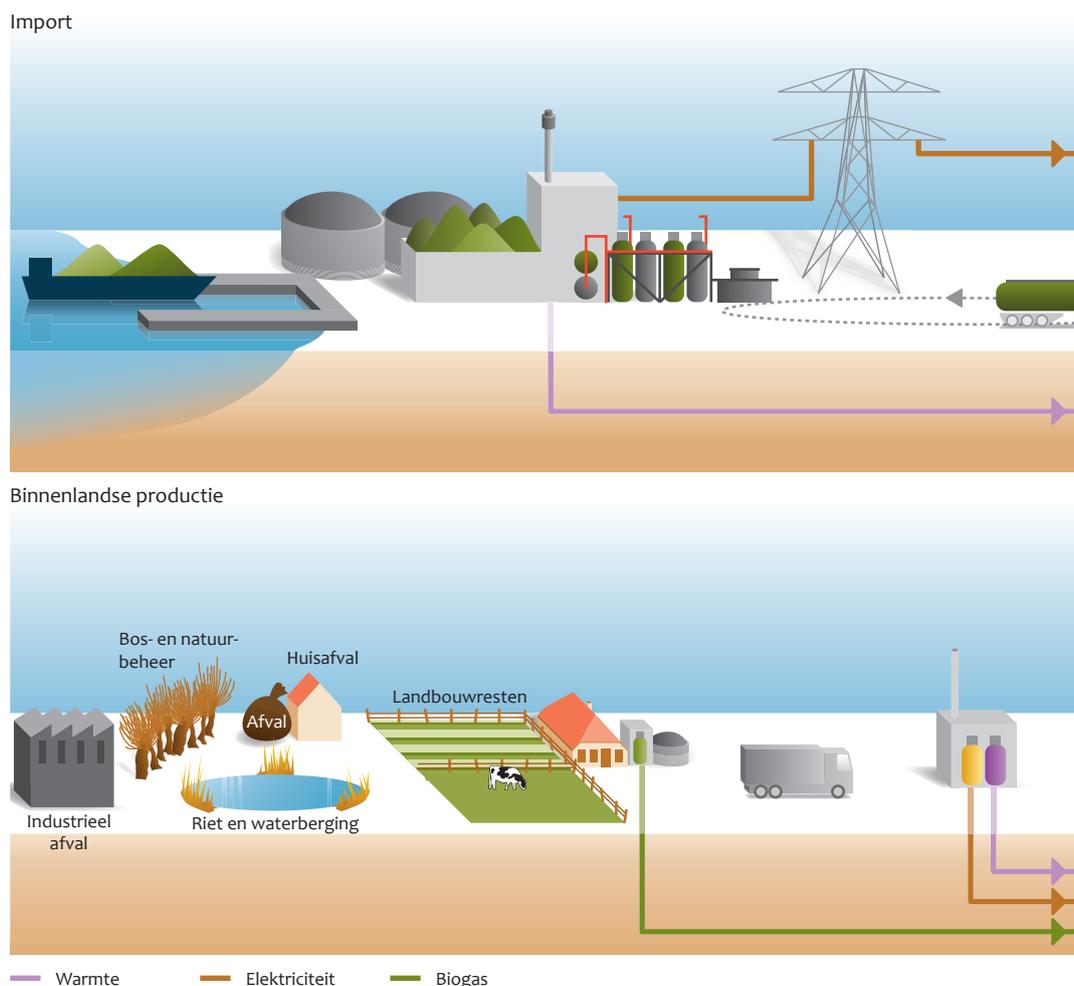
Een visie op de ruimtelijke afstemming tussen bronnen, leidingen en opslagplaatsen van CO<sub>2</sub> kan om twee redenen de introductie van CCS faciliteren. In de eerste plaats moet de rijksoverheid de langjarige opslagstrategie van CO<sub>2</sub> en aardgas coördineren. Een gelijktijdige beslissing over de verdeling van opslagmogelijkheden voor aardgas en CO<sub>2</sub>, de volgorde en de fasering van de aanleg van de infrastructuur gaat gepaard met hoge initiële investeringen, maar levert uiteindelijk kostenvoordelen op. In de tweede plaats zou een tijdige openbare planvorming voor de lange termijn helpen om informatie aan het publiek te verstrekken. In een dergelijk document moet worden beargumenteerd waarom voor een bepaalde locatie is gekozen.

Daarnaast vragen de bouwbeperkingen boven tracés om een lokaal inrichtingsplan. Een eerste element daarvan is gegeven in het Structuurschema Buisleidingen.

### Conclusies

De doelstellingen van Schoon en Zuinig voor energiebesparing, duurzame energie en broeikasgasreductie eisen maatregelen die op veel plaatsen in de ruimtelijke inrichting van Nederland tot veranderingen leiden en zo het ruimtelijk beleid en de ruimtelijke ordening raken. Tijdig signaleren van knelpunten in de ruimtelijke ordening kan er eveneens voor zorgen dat de afweging van de maatregelen tegenover andere ruimtelijke doelen op juiste wijze plaatsvindt, en kan anderzijds mogelijk helpen om de klimaat- en energiedoelstelling te realiseren. Het is van belang om de raakvlakken te bestuderen, omdat de energiedoelen ambitieus zijn gesteld en er vertragingen optreden in maatregelen die ook de ruimtelijke ordening betreffen.

De centrale vraag in onze analyse is: *In hoeverre voorziet de ruimtelijke ordening in mogelijkheden om de klimaat- en energiedoelen te realiseren, en welke aanvullingen in de ruimtelijke ordening kunnen de realisatie versnellen?* Om deze vraag te beantwoorden, hebben we gekeken naar de locatie van de maatregelen, de direct betrokken actoren, de ruimtelijke kaders en de mogelijke bijdragen van de ruimtelijke ordening; het resultaat daarvan vindt u in de verdiepingshoofdstukken. Hieronder volgen onze centrale conclusies.



### De belemmerende rol van de ruimtelijke ordening

Op verschillende manieren blijkt de ruimtelijke ordening enkele benodigde energiemaatregelen in de weg te staan. Ten eerste kunnen ruimtelijke procedures achterlopen op nieuw beschikbare technieken. Zo'n achterstand is bijvoorbeeld gebleken bij decentrale biogasinstallaties en warmte- en koudeopslag (WKO) in de ondergrond van steden. Deze vraagstukken zijn deels opgelost, deels gesignaleerd. Een deel van de oplossingen wacht nog op nieuwe kennis. Van niet alle nieuwe technieken is de volle impact op de omgeving gekend en in de procedures gevat. Er zijn bijvoorbeeld nog vraagtekens bij de ecologische effecten van windenergie op zee en bij open systemen van WKO.

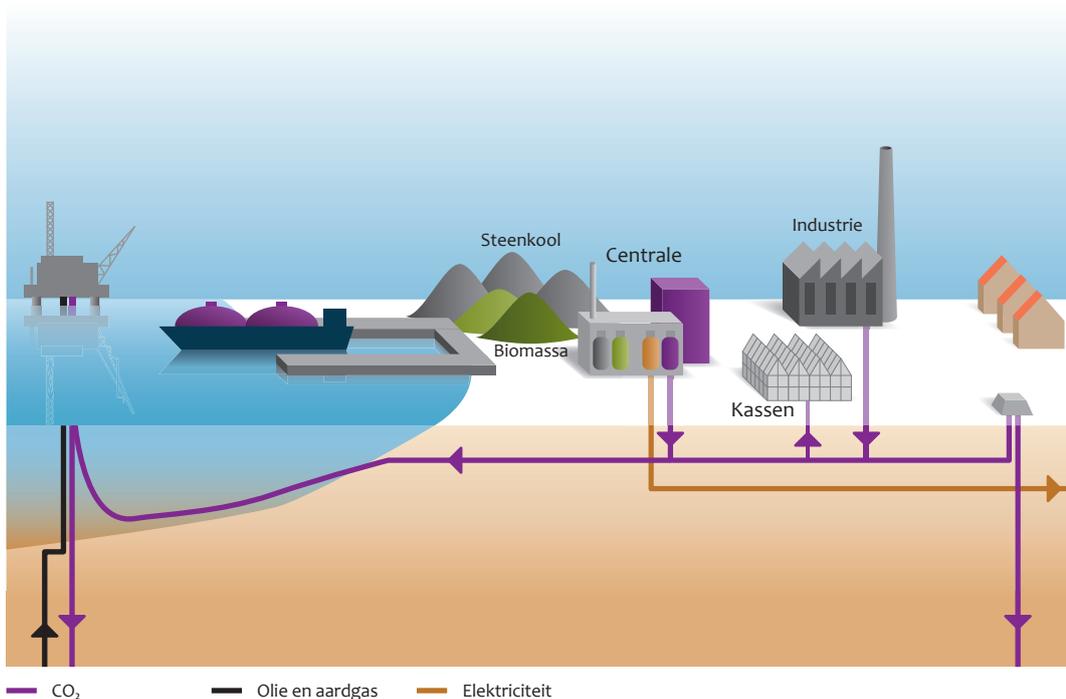
Ten tweede kan het zijn dat de kaders voor ruimtelijke afweging wel zijn ingericht op de maatregelen, maar dat de uitkomst van de afweging toch negatief uitpakt voor de doelstelling, vanwege vertragingen of verhoging. Zo kan het grootschalig ruimtegebruik van windenergie op land in de procedures tegen grenzen van acceptatie door omwonenden lopen. Ook de opslag voor CO<sub>2</sub> kan stuiten op de hindermacht van de omgeving. De minister heeft in dit soort gevallen de mogelijkheid om de hindermacht te overrulen. Er is dus geen gebrek in de ruimtelijke ordening zelf; sommige energiemaatregelen kunnen nu eenmaal strijdig zijn met ruimtelijkeordeningsdoelen.

Daarmee is niet gezegd dat ruimtelijke ordening de belangrijkste belemmerende factor is voor het halen van de Schoon en Zuinig-doelen. Sterker nog, vaak is de ruimtelijke ordening daar niet debet aan en liggen de belemmeringen in de financiering of in kaders buiten de ruimtelijke ordening.

### De versterkende rol van de ruimtelijke ordening

De ruimtelijke ordening is niet altijd belemmerend. We hebben ook gezien dat ruimtelijke planvorming en de implementatie van duurzame energievoorziening elkaar op verschillende manieren kunnen versterken.

Ten eerste zijn nieuwe energievoorzieningen gebaat bij een inbedding in ruimtelijke visies. Duurzame energie is gebaat bij ruimtelijke inbedding, omdat voor allerlei technieken de omgeving en de geografie heel belangrijk zijn. Tijdige ruimtelijke planvorming voor bijvoorbeeld de oplaadpunten kan helpen om de invoering van elektrisch rijden te versnellen. Ruimtelijke plannen, zoals een gebiedsvisie, dragen ook bij aan de communicatie over moeilijke onderwerpen met het publiek. Zo kunnen de voorlichting en discussie over de contouren beginnen voordat de daadwerkelijke uitvoering van het project in zicht is. Dat voorkomt misschien niet bezwaren, maar wel het gevoel van 'eerst een besluit, dan praten over de noodzaak en risico's'. Bovendien plaatst een ruimtelijke visie de vereiste investeringen in de context van



andere belangen. Zo raken de ingrepen in de gebouwde omgeving allerlei andere onderwerpen, van de betaalbaarheid van woningen tot de herstructurering van bedrijventerreinen. Ten tweede zijn de doelen in de ruimtelijke ordening zelf gebaat bij een anticiperende ruimtelijke visie op energie. De vele verwachte veranderingen in het energiesysteem leiden tot veranderingen in hoe steden eruit zien, en hoe mobiliteit werkt. Sommige veranderingen die nodig zijn voor de energiedoelen dragen aan ruimtelijkeorderingsdoelen bij, mits ze op tijd worden gezien en benut.

#### Overwegingen voor de lange termijn

Hoe de energievoorziening er op de lange termijn in Nederland uitziet, is nog onzeker. De uitkomsten op de lange termijn hangen onder meer af van de kostenontwikkeling van technieken (zoals CO<sub>2</sub>-opslag en zonne-energie), van technische potentiëlen en van maatschappelijke afwegingen over de wenselijkheid van energietechnieken zoals wind-energie, kernenergie en biobrandstoffen. In dit rapport hebben we laten zien dat veranderingen in de energievoorziening al voor 2020 ruimtelijke gevolgen hebben, maar na 2020 is de ruimtelijke impact van de energietransitie waarschijnlijk ingrijpender. Op de lange termijn heeft de Europese Unie zich immers ten doel gesteld de gemiddelde wereldwijde opwarming te beperken tot 2 graden Celsius. Op langere termijn zijn daarvoor verdergaande emissiereducties van broeikasgas nodig dan voor 2020 beoogd in Schoon en Zuinig. Daardoor neemt ten eerste de inzet op nu bekende maatregelen toe. Sommige maatregelen die voor 2020 nodig zijn, maken na 2020 mogelijk een groter deel uit van de energievoorziening. Dit betekent bijvoorbeeld een verdere uitbreiding van windenergie na de huidige doelstelling. Ten tweede dwingen weer nieuwe maatregelen tot ander gebruik van de ruimte en tot andere ideeën over de opbouw en inrichting van steden en regio's. Dit vraagt om nadere

studie naar energie en ruimte, waarbij het niet vanzelfsprekend is dat de oude planologische concepten als 'compacte stad' of 'bundeling' voldoende antwoord zijn op de nieuwe ruimtelijke vraag.

Concluderend is het voor de volgende hoofdthema's van belang om de relatie tussen energie en ruimte verder te bestuderen:

#### *Duurzame stad: energie in de stedelijke omgeving*

In de stedelijke omgeving komen veel energiemaatregelen samen. Hoewel ze fysiek niet altijd aan elkaar gekoppeld zijn, ligt het toch voor de hand de mogelijkheden van deze maatregelen in samenhang te verkennen met inrichtingsvraagstukken. Een stedelijke visie op energie kan namelijk verbindend en vereenvoudigend werken, verschillende actoren op het juiste moment samenbrengen, en aansluiting tussen de energiedoelen en de ruimtelijke beleidsdoelen voor de gebouwde omgeving en mobiliteit in de stad in beeld brengen. Energie kan een belangrijk thema zijn in plannen voor herstructurering van woonwijken en bedrijventerreinen. In de toekomst verandert mogelijk zelfs de hele organisatie van verkeer en distributie in de stad. De energietransitie vergt een brede discussie over de mogelijke ruimtelijke uitkomsten van de duurzame stad.

#### *Energielandschappen*

Energie kan als integrerend concept helpen regio's anders te benaderen. Aandacht voor bronnen, netwerken en afnemers van energie in de regio, kan tot nieuwe ruimtelijke concepten voor het landelijk gebied leiden. Elementen daarin zijn bijvoorbeeld biomassa en windenergie. Decentrale biomassacentrales zijn afhankelijk van het aanbod van biomassa in de omgeving. Daarom hangen de kansen van deze vorm van biomassa samen met toeleverende functies,

bijvoorbeeld agrarische functies of water- en bosbeheer. Als een forse doorgroei van Nederlandse biomassa gewenst is, vereist dat een uitgewerkte relatie met (afval)productie in de omgeving. Ook windenergie is te beschouwen als landschapselement, vanwege de schaal van de turbines en de hoeveelheid op te stellen turbines. Een geïntegreerde ruimtelijke visie kan nieuwe kansen aanboren voor combinaties met andere functies (zoals bosbouw of de teelt van energiegewassen) en voor compensatie van negatieve ruimtelijke effecten.

#### *Veranderingen in energie-infrastructuur*

Verschillende veranderingen in de energie-infrastructuur zijn noodzakelijk voor de energietransitie. Het elektriciteitsnetwerk moet zowel de kleinschalige energiebronnen uit de gebouwde omgeving opnemen als de grootschalige, wisselende aanvoer van windenergie. Daarnaast neemt het gasnet in relatief belang voor het huishouden af, terwijl voor andere netten (bijvoorbeeld warmtenet, maar mogelijk ook waterstof en groen gas) juist nieuwe infrastructuur nodig is. De veranderingen in de energie-infrastructuur hebben op zichzelf ruimtelijke gevolgen, bijvoorbeeld omdat er een ander tracé nodig is, en kunnen een cluster-effect hebben; dat wil zeggen, dat bedrijven gunstiger presteren wanneer ze zich dicht bij de infrastructuur bevinden. De cluster-effecten van infrastructuur zijn mogelijk relevant voor warmte, voor biomassa en voor CCS. Onderzoek hiernaar – in het bijzonder naar het structurerend effect van warmtenetten – is noodzakelijk.

#### *Ruimtelijke inpassing van windenergie op de Noordzee*

Op de Noordzee concurreren verschillende vormen van energie met andere functies om de ruimte. Nu is dat windenergie, later ook CCS en in de toekomst mogelijk ook de productie van biomassa en waterkracht. Om dit soort technieken een locatie te geven, is een ruimtelijke visie nodig en meer kennis van de ecologische effecten. Het cumulatieve effect van alle geluidbronnen bijvoorbeeld is nog onvoldoende in kaart gebracht. Daarnaast zijn het belang en de effecten van windenergie nog niet afgewogen tegen die van andere planologische functies van de zee. Nu schikt windenergie zich nog in de ruimte die andere functies overlaten. Op lange termijn is dit een kostbare en mogelijk ook inefficiënte keuze.

#### Noten

- 1) De Tweede Kamer roept de regering op kennis te nemen van ruimtelijke effecten van Europees beleid in de Motie Meindertsma (PvdA) c.s. inzake EU-beleid en consequenties daarvan ten aanzien van ruimtelijke ordening in Nederland (EK, XXI-A).
- 2) 'De opgave die in het Innovatieprogramma Mooi Nederland centraal staat, is om met de productie van duurzame energie bij te dragen aan de ruimtelijke kwaliteit en de identiteit van gebieden en plekken.' (VROM, Innovatieregeling Mooi Nederland, Thema 2: Identiteit van energielandschappen).
- 3) Mobiliteitsdoelen zoals opgesteld in de Nota Mobiliteit zijn bijvoorbeeld verkeersveiligheid, bereikbaarheid en beperking overlast wegverkeer.



## Inleiding

Gegeven de noodzaak om maatregelen te treffen voor een duurzame energievoorziening en gegeven de ruimtelijke impact die deze maatregelen bij elkaar opgeteld kunnen hebben, loont het te inventariseren waar de raakvlakken tussen energiebeleid en ruimtelijke ordening zich bevinden. Deze publicatie inventariseert op verzoek van het ministerie van VROM wat de ruimtelijke ordening kan doen om aan de realisatie van de doelstelling van Schoon en Zuinig in 2020 bij te dragen. We stellen ons daarbij de volgende vraag:

*In hoeverre voorziet de ruimtelijke ordening in mogelijkheden om de klimaat- en energiedoelen te realiseren, en welke aanvullingen in de ruimtelijke ordening kunnen de realisatie versnellen?*

In de Bevindingen staat het antwoord op deze vraag in hoofdlijnen. Voor het goed kunnen uitvoeren van het onderzoek hebben we ook een aantal deelvragen geformuleerd. In deze Verdieping gaan we daar nader op in.

De Verdieping begint met een korte uitleg over enkele begrippen die we hanteren. Daarna volgt een weergave van het Nederlandse en Europese energiebeleid en leggen we uit hoe we uit deze beleidsdoelen tot de maatregelen komen. Voor onze analyse groeperen we de energiemaatregelen in een samenhangend ruimtelijk patroon: van winning van energie (de bron) via het *distributienetwerk* naar de *afnemer*. We onderscheiden voor deze analyse vijf groepen:

- energiemaatregelen in de gebouwde omgeving,
- uitbreiden van het aandeel windenergie in de energievoorziening,
- energiemaatregelen voor automobilititeit,
- uitbreiding van het gebruik van biomassa,
- de toepassing van *carbon capture and storage* (CCS).

De opbouw van de overige hoofdstukken is steeds hetzelfde; eerst een inleiding over de beleidsdoelen voor de groep maatregelen en vervolgens de beantwoording van de deelvragen:

1. *Tot welke ruimtelijke ingrepen leiden de klimaat- en energiemaatregelen?*
2. *Welke actoren zijn betrokken bij de ingrepen?*
3. *Wat zijn de ruimtelijke effecten van de ingrepen?*
4. *In hoeverre zijn de kaders en visies van de Nederlandse ruimtelijke ordening ingericht op de realisatie van de maatregelen?*
5. *Wat kan de ruimtelijke ordening aanvullend doen om de energiedoelen te realiseren?*

# Verdieping





# Begrippenkader



In dit rapport hanteren we veelvuldig enkele begrippen: effecten, ruimtelijke ordening, (structuur)visie en kaders. Hieronder volgen onze definities.

## 1.1 Wat verstaan we onder effecten?

Realisatie van de maatregelen voor energiedoelen heeft directe en indirecte ruimtelijke effecten (Tennekes & Hornis 2008). Onder *directe* effecten verstaan we alle fysieke ruimtelijke veranderingen die als gevolg van de maatregel optreden. Dat betekent de plaatsingsruimte van nieuwe technieken, maar ook de spreiding daarvan (over Nederland), de plaatsing van benodigde infrastructuur (leidingen, kabels) en de verandering van het aanzien van de ruimte.

*Indirecte* ruimtelijke effecten zijn de planologische schaduw van maatregelen: hun invloed op andere ruimtelijke functies. In de omgeving van een windturbine bijvoorbeeld gelden allerlei planologische restricties voor andere ruimtelijke functies vanwege risico of overlast. Andersom kan ook: soms vormen de verwachte indirecte effecten een beperking op het doorvoeren van de maatregel. Bestaande functies gaan dan voor op de verandering. In het voorbeeld van de windturbines zou bijvoorbeeld de verwachte geluidsoverlast een juridisch argument kunnen zijn tegen het plaatsen van een windpark in de nabije omgeving van een woonwijk.

Indirecte effecten zijn positief wanneer ruimtelijke functies voordeel aan elkaar ontleen en elkaar opzoeken. Zo ligt het in de rede een biomassa-centrale die afhankelijk is van regionale restproducten, te plaatsen in de buurt van steden of landbouwconcentraties.

Indirecte effecten zijn divers. Het gaat niet altijd om planologische regels of kostenvoordeel alleen, maar ook om minder grijpbare zaken als imago – sommige gemeenten afficheren zich als ‘klimaatbewuste gemeente’. Soms loopt het imago op de maatregelen vooruit: als een ‘klimaatbewuste gemeente’ op zoek gaat naar zichtbare maatregelen die het imago versterken, of als andere partijen zich bij de gemeente melden met nieuwe initiatieven.

## 1.2 Wat verstaan we onder ruimtelijke ordening?

De ruimtelijke ordening brengt de directe en indirecte effecten in beeld en maakt de afweging tussen de belangen van

verschillende ruimtegebruikers inzichtelijk. Onder ruimtelijke ordening wordt in dit rapport verstaan het hele beleidsproces waarbij met een groot aantal regels de ruimte planmatig wordt benoemd, benut en ingericht. De ingrediënten van ruimtelijke ordening zijn visies, kaders en projecten (Maas et al. 2009).

### 1.2.1 Wat verstaan we onder (structuur)visie?

Visies zijn documenten die de ruimtelijke beleidsdoelen beschrijven. Een structuurvisie is een specifiek soort visie. Deze visies kunnen gebiedsgericht zijn of meer thematisch. Een structuurvisie heeft echter niet dezelfde kracht als een bestemmingsplan, dat een strikte, bindend juridische status heeft. De Wro verplicht Rijk, provincies en gemeenten structuurvisies op te stellen. De ruimtelijke strategie in de structuurvisie heeft een termijn van doorgaans 10 à 20 jaar met een doorkijk naar nog langere termijnen.

Structuurvisies bevatten de intenties van het beleid. Het bevoegd gezag vertelt bijvoorbeeld waar behoefte is aan meer woningen, waar de natuur behouden moet blijven of hoe de economische structuur versterkt moet worden. De schrijver van de structuurvisie wordt dan geacht het eigen beleid hier op te richten.

De structuurvisie vervult verschillende, belangrijke functies in de ruimtelijke ordening (Zonneveld 2009). Zij kan simpelweg fungeren als een ruimtelijk programma, als een actieplan om de maatregelen op een bepaalde plek te agenderen. Daarmee geven structuurvisies meer zekerheid aan bijvoorbeeld investerende partijen. De investeringen die zij moeten plegen kunnen immers pas op de lange duur terugverdiend worden en in de structuurvisie krijgen zij duidelijkheid over de wenselijkheid van hun investering.

De visie kan ook fungeren als een discussiedocument. Het opstellen van de visie kan verschillende (maatschappelijke) partijen bij elkaar brengen, die voor realisatie van de maatregel noodzakelijk zijn. Door coördinatie tussen deze partijen kan realisatie versneld worden. Daarnaast is de visie aanleiding om binnen de bredere context de publieke discussie aan te gaan. Het gaat hierbij niet om acceptatie door het ‘publiek’ van een voorgekookt standpunt, maar om het verzamelen van kennis die bij de burger aanwezig is, en door de overheidsorganisatie in eerste instantie niet was meegenomen. De acceptatie wordt pas getoetst bij de bestemmingsplanprocedure, als er daadwerkelijk planvorming plaatsvindt. Het opstellen van een visie is daarmee slechts een *coördinatiemoment*.

### 1.2.2 Wat verstaan we onder kaders?

Kaders zijn (1) de wet- en regelgeving, zoals de Wro, de AMvB Ruimte, provinciale verordeningen en bestemmingsplannen; (2) bestuurlijke afspraken tussen overheden; beleidsdocumenten, zoals het Nationaal Waterplan en de Agenda Landschap; en (3) convenanten, afspraken tussen overheid en private sector. Zij schrijven onder andere de stappen van procedures voor en welke actoren bij elke stap in de procedure aan zet zijn. Dat is nodig, want bij de inrichting van de ruimte zijn veel actoren betrokken: overheden op verschillende schaalniveaus, private partijen, het publiek en andere belanghebbenden.

Kaders zijn nodig om maatregelen te realiseren, maar kunnen ook een belemmering vormen, bijvoorbeeld wanneer de vergunningprocedures niet goed ingesteld zijn op nieuwe technologie. Onduidelijke of gebrekkige kaders kunnen er ook voor zorgen dat actoren geen beslissingen nemen of op elkaar blijven wachten. Dit is een heel andere soort ‘belemmering’ dan zich voordoet wanneer het proces van ruimtelijke afweging voldoende geregeld is, maar de projecten stranden in de MER of de inspraak. Deze tweede ‘belemmering’ ligt in politieke afwegingen die de verschillende bestuurlijke niveaus – nationaal, regionaal of lokaal niveau – moeten maken.

### 1.2.3 Wat verstaan we onder projecten?

Projecten zijn in deze studie ingrepen in de ruimtelijke inrichting of in het gebruik van de ruimte, die bijdragen aan de realisatie van de energiedoelen. We onderscheiden enerzijds ingrepen die volgen op gerichte energiemaatregelen, en anderzijds ruimtelijke ingrepen die om een andere reden nodig zijn, maar wel (significant) helpen om de energiedoelen te halen. In het volgende hoofdstuk beschrijven we hoe de maatregelen met de doelen samenhangen.

# Het Klimaat- en Energiepakket

# 2

De aanleiding voor de veranderingen in de energievoorziening en dit onderzoek zijn twee beleidspakketten: het Europese Klimaat- en Energiepakket en het Nederlandse werkprogramma Schoon en Zuinig. In dit hoofdstuk behandelen we eerst de beide beleidspakketten. Daarna beschrijven we tot welke maatregelen het beleid leidt.

## 2.1 Het Europese Klimaat- en Energiepakket

De Europese Raad van Ministers en het Europese Parlement hebben in december 2008 een akkoord over het Europese Klimaat- en Energiepakket bereikt. Dit pakket moet de doelstellingen van Europa helpen realiseren om de bijdrage aan klimaatverandering te verminderen, de energievoorzieningszekerheid te vergroten, de luchtkwaliteit te verbeteren en de technologische ontwikkeling te stimuleren. Het pakket omvat richtlijnen voor het Europese emissiehandelssysteem (ETS) voor hernieuwbare energie, CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag (*carbon capture and storage*, CCS) en CO<sub>2</sub>-normen voor personenauto's. Het omvat daarnaast een besluit met taakstellingen voor emissiereductie per lidstaat voor de sectoren die niet onder het ETS vallen. Deze onderdelen worden hieronder toegelicht.

### 2.1.1 Richtlijn voor het Europese emissiehandelssysteem (ETS)

De Europese sectoren die aan de Europese CO<sub>2</sub>-emissiehandel deelnemen, namelijk de energie-intensieve industrie en de energiesector (ook wel de 'ETS-sectoren' genoemd), moeten hun emissies tussen 2005 en 2020 met 21 procent reduceren. Zij streven dit na via de beperking van de hoeveelheid beschikbare emissierechten. Het systeem van handel in emissierechten geldt Europabreed. De emissiereducties hoeven dus niet per se binnen de landsgrenzen te worden gerealiseerd.

### 2.1.2 Besluit voor de emissiereductie door sectoren buiten het ETS

De sectoren buiten het ETS, namelijk landbouw, verkeer en gebouwde omgeving, hebben een eigen reductieopgave, die per lidstaat verschilt. Voor Nederland bedraagt de opgelegde reductie 16 procent ten opzichte van 2005. De lidstaten zullen in belangrijke mate zelf beleid moeten inzetten om deze doelstelling te halen. Naast binnenlandse emissiereducties mogen de lidstaten ook (voor een beperkt deel) emissies met buitenlandse emissierechten compenseren.

### 2.1.3 Richtlijn voor CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag

De richtlijn voor CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag (CCS) is erop gericht wettelijke belemmeringen weg te nemen en regels te stellen voor een veilige manier van CCS. ETS-bedrijven die CCS toepassen, hoeven voor opgeslagen CO<sub>2</sub> geen emissierechten te kopen. Nieuwe verbrandingscentralen met een capaciteit van minstens 300 MWe moeten ruimte voor een CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie beschikbaar hebben. Centralen moeten daarnaast onderzoek doen naar de beschikbaarheid van CO<sub>2</sub>-opslaglocaties en CO<sub>2</sub>-transportfaciliteiten en naar de technische mogelijkheden om bestaande centrales voor CCS geschikt te maken (*retrofitting*). Emissierechten worden beschikbaar gesteld voor de financiering van maximaal twaalf grootschalige CCS-demonstratieprojecten en van demonstratieprojecten op het gebied van technologieën voor hernieuwbare energie.

### 2.1.4 Richtlijn voor hernieuwbare energie

De doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie in het totale Europese energieverbruik is 20 procent in 2020. Per lidstaat is een nationale bindende doelstelling vastgesteld. Voor Nederland is die doelstelling een aandeel van 14 procent. Omgerekend naar de Nederlandse definitie van hernieuwbare energie komt dat neer op een aandeel van 15 tot 19 procent van het primaire energieverbruik. Voor de transportsector geldt dat het aandeel hernieuwbare energie in alle lidstaten 10 procent in 2020 moet bedragen. Ook bij deze richtlijn geldt dat de lidstaten voor het halen van de doelstellingen zelf beleid moeten inzetten. De richtlijn biedt de lidstaten wel de mogelijkheid doelstellingen gezamenlijk te realiseren.

### 2.1.5 Richtlijn voor CO<sub>2</sub>-normen voor personenauto's

Om de CO<sub>2</sub>-emissie bij de bron te beperken, geldt voor personenauto's een aparte Europese richtlijn voor CO<sub>2</sub>-normen. Voor de gemiddelde nieuw verkochte personenauto wordt gefaseerd een CO<sub>2</sub>-limietwaarde van 130 g/km ingevoerd. Elk jaar zullen meer verkochte personenauto's aan de volgende normen moeten voldoen: 65 procent in 2012, 75 procent in 2013, 80 procent in 2014 en 100 procent vanaf 2015. Bij overschrijding van de norm krijgt de fabrikant een boete. Voor bestelauto's wordt eveneens een norm verwacht.

De Europese Unie heeft zich op de lange termijn ten doel gesteld de gemiddelde wereldwijde opwarming tot 2 graden Celsius boven het pre-industriële niveau te beperken. Klimaatwetenschappers noemen daarbij mondiale emissiereducties van 50 tot 85 procent in 2050 (Bakkes 2009). Vanuit dit langetermijnperspectief zijn zeer klimaatvriendelijke technieken

nodig. Europa heeft echter nog geen klimaat- en energiebeleid voor de periode na 2020 ontwikkeld.

## 2.2 Het Nederlandse klimaatbeleid: Schoon en Zuinig

Nederland heeft vanwege internationale en Europese verplichtingen enerzijds en nationale ambities anderzijds verschillende klimaat- en energiedoelstellingen tot en met 2020. De ambities van het huidige kabinet, neergelegd in het coalitieakkoord en uitgewerkt in het werkprogramma Schoon en Zuinig, zijn daarbij ambitieuzer dan de hiervoor besproken Europese doelen. In die zin hoeft de Europese richtlijn niet apart in het Nederlandse beleid te worden geïmplementeerd. Niettemin is het Europese Klimaat- en Energiepakket wel van belang voor de Nederlandse doelen en moet Nederland de wijze van implementatie wel melden aan Europa (Olivier et al. 2008). De verplichtingen die Nederland voor 2020 in het Europese Klimaat- en Energiepakket krijgt, zijn weliswaar minder vergaand dan de nationale doelen van het kabinet, maar Nederland kan niet om de Europese verplichting heen. Een volgend kabinet kan andere doelen dan Schoon en Zuinig stellen, maar de Europese verplichting blijft staan. Daarnaast geeft het Europese pakket de Nederlandse regering een uitbreiding op het instrumentarium om aan de beleidsdoelen te voldoen, zoals de richtlijnen voor de emissiehandel en de handel in groencertificaten.

Op hoofdlijnen stelt Schoon en Zuinig de volgende doelen:

- reductie van de nationale broeikasgasemissies in 2020 tot 30 procent onder het niveau van 1990;
- verhoging van het aandeel hernieuwbare energie tot 20 procent in 2020;
- realisatie van gemiddeld 2 procent energiebesparing per jaar in de periode 2011-2020.

### 2.2.1 Werkprogramma Schoon en Zuinig

Het kabinet voert het werkprogramma Schoon en Zuinig uit om de nationale en Europese doelstellingen tot en met 2020 te halen. Schoon en Zuinig dient ook om de langetermijn-innovatie te stimuleren. Schoon en Zuinig omvat tal van maatregelen; deze variëren van het instellen van normen (bijvoorbeeld voor bijmenging van biobrandstoffen), het maken van sectorale afspraken (convenanten met overheden en sectoren), het instellen van subsidies (zoals de stimuleringsregeling voor hernieuwbare elektriciteit) tot het doen van onderzoek (bijvoorbeeld naar instrumenten voor waterpeil-beheersing in veenweidegebieden). Bijlage 5 van *Milieubalans 2008* (PBL 2008a) bevat een beschrijving van de instrumenten uit Schoon en Zuinig.

### 2.2.2 Ontwikkeling van duurzame energievoorziening in Nederland

Het aandeel hernieuwbare energie in Nederland neemt gestaag toe, van 0,7 procent in 1990 tot 3,4 procent in 2008 (CBS Statline, voorlopige cijfers). De toepassing van biomassa in onder meer elektriciteitscentrales, afvalverbranders en het verkeer levert al jaren de grootste bijdrage hieraan. Windenergie op land is sterk in opkomst. De bijdrage door overige bronnen van hernieuwbare energie (warmtepompen, zonne-energie en waterkracht) is zeer bescheiden. De bronnen van hernieuwbare energie worden met name voor de opwekking

van hernieuwbare elektriciteit ingezet. Hernieuwbare-energiebronnen voor duurzame warmte en in het verkeer worden echter nog maar beperkt toegepast.

Het aandeel hernieuwbare elektriciteit is opgelopen van 2,5 procent in 2000 tot 7,5 procent in 2008 (voorlopig cijfer). Met de implementatie van Schoon en Zuinig bedraagt het aandeel hernieuwbare energie waarschijnlijk 5 tot 15 procent in 2020. Verwacht wordt dat de bijdrage van windenergie op land en op zee fors gaat toenemen. Ook neemt bij die inschatting de bijdrage van de verbranding van biomassa fors toe. Om de doelstelling te halen, moeten zowel deze als andere hernieuwbare-energietoepassingen extra worden gestimuleerd, vooral duurzame warmte.

Een aandeel van 20 procent hernieuwbare energie in 2020 is geen eindstadium. Op langere termijn zijn verdergaande emissiereducties nodig, 80 à 90 procent in 2050 (PBL 2009a). Schone technieken die door Schoon en Zuinig worden gestimuleerd, zoals de bouw van gascentrales, hybride auto's en het gebruik van biobrandstoffen, zijn voor de benodigde energietransitie niet toereikend. Dit neemt overigens niet weg dat deze technieken tot 2020 nodig zijn, maar na 2020 zal op technieken moeten worden ingezet die nog schoner zijn. Hoe de energievoorziening in Nederland op de lange termijn eruit zou kunnen zien, is echter nog onzeker. Dit hangt onder meer af van de kostenontwikkeling van technieken (zoals CO<sub>2</sub>-opslag en zonne-energie), technische potentiëlen en maatschappelijke afwegingen over de wenselijkheid van bepaalde technieken, zoals kernenergie en biobrandstoffen. In langetermijnverkenningen lijkt de grootschalige inzet van biomassa en CO<sub>2</sub>-opslag onmisbaar voor Nederland (Van den Wijngaart & Ros 2009).

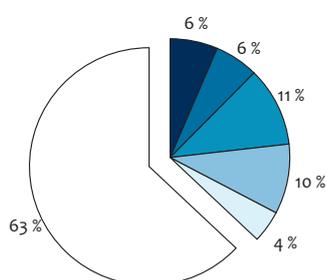
## 2.3 Van beleid naar maatregelen en ruimtelijke ingrepen

Het uitgangspunt van deze studie is het pakket aan maatregelen zoals voor een potentieelstudie van Schoon en Zuinig is samengesteld (Van den Wijngaart & Ros 2009; zie tabel 1.1). De onderzoekers stellen daarin op basis van het kabinetsbeleid een indicatief pakket samen, waarmee de doelstellingen van Schoon en Zuinig in 2020 te realiseren zijn. In hun keuze voor het pakket is de kosteneffectiviteit van de maatregelen meegewogen, namelijk de ratio tussen kosten en bijdrage aan de doelen.

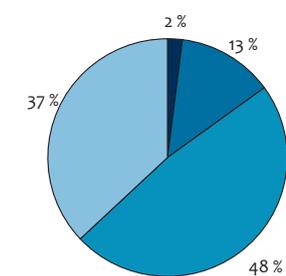
Meer dan de helft van de broeikasgasreductie in 2020 wordt met maatregelen bereikt die weinig tot geen ruimtelijke effecten hebben (zie figuur 1.1 en score in tabel 1.1). Dit zijn bijvoorbeeld maatregelen binnen chemische productieprocessen, zoals reductie van lachgas in het productieproces in salpeterzuurfabrieken en verbeteringen in het raffinaderijproces. De maatregelen die op basis van onze inschatting evident weinig ruimtelijke impact hebben, laten we in deze studie verder buiten beschouwing.

Voor onze analyse groeperen we de energiemaatregelen die voor Schoon en Zuinig nodig zijn, in een samenhangend ruimtelijk patroon: van de *bron*, dus de locatie waar de energie wordt gewonnen, via het *distributienetwerk* naar de locatie van de *afnemer*. We wijzen op deze manier vijf verschillende

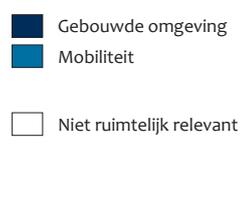
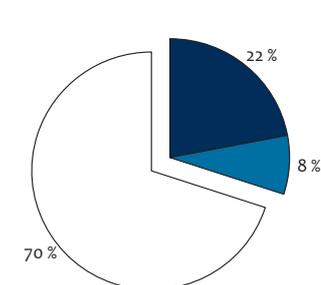
Reductie broeikasgasemissie



Hernieuwbare energie



Energiebesparing



groepen aan, die tevens de verdere hoofdstukindeling bepalen (zie tabel 1.1):

- energiemaatregelen in de gebouwde omgeving,
- uitbreiden van het aandeel windenergie in de energievoorziening,
- energiemaatregelen voor automobilititeit,
- uitbreiding van het aandeel biomassa in de energievoorziening,
- toepassing van *carbon capture and storage* (CCS).

Dit pakket is samengesteld uit maatregelen die op kosteneffectieve wijze de doelen van het werkprogramma halen. Dat wil niet zeggen dat alle maatregelen ook werkelijk in het werkprogramma genoemd zijn. De kosteneffectiviteit is op basis van een aantal vooronderstellingen berekend, zoals economische groei, energieprijzen, technologische ontwikkelingen (zie verantwoording in Van Dril 2009).

Optienaam	Groep	Reductie omvang (Mton)	Duurzaam drager	Duurzaam omvang (PJ)	Besparing drager	Besparing omvang (PJ)
Aanscherping ACEA-convenant	Niet-ruimtelijk	6,46		0	Olie	88
Afvalverbrandingsinstallaties (AVI's)	Biomassa	0,23	Elektriciteit	3		0
Beperking comfort personenauto's	Niet-ruimtelijk	1,77		0	Olie	24
Biomassa elektriciteitscentrales	Biomassa	7,6	Elektriciteit	101		0
CCF	Niet-ruimtelijk	0,12		0	Olie	2
CDM/JI	Niet-ruimtelijk	38,28		0		0
CO <sub>2</sub> -levering aan de glastuinbouw	Gebouwde omgeving	0,31		0	Gas	5
CO <sub>2</sub> -opslag industrie (raffinaderijen, ammoniak- en etheenproductie)	CCS	4,88		0		0
Elektriciteitsbesparing apparaten handel, dienst en overheid	Niet-ruimtelijk	2,12		0	Elektriciteit	28
Elektriciteitsbesparing door elektrische apparaten huishoudens	Niet-ruimtelijk	2,9		0	Elektriciteit	39
Elektriciteitsbesparing door gedrag (besparingseffecten) huishoudens	Niet-ruimtelijk	0,22		0	Elektriciteit	3
Elektriciteitsbesparing gebouwgebonden verbruik handel, dienst en overheid	Niet-ruimtelijk	3,68		0	Elektriciteit	49
Elektriciteitsvraagvermindering industrie	Niet-ruimtelijk	0,33		0	Elektriciteit	4
Elektrische warmtepompen in nieuwbouw huishoudens	Gebouwde omgeving	0,3	Elektriciteit	4		0
Gas nieuw EXTRA	Niet-ruimtelijk	2,4		0	Gas	42
Groen gas uit (co)vergisting van mest (en biomassa)	Biomassa	3,25	Gas	57		0
Groen gas uit stortgas, RWZI's	Biomassa	0,27	Gas	5		0
Groen gas uit vergassing van biomassa	Biomassa	0,75	Gas	13		0
Het Nieuwe Rijden III	Niet-ruimtelijk	0,28		0	Olie	4
Kilometerheffing personenauto's, bestelauto's en motorfietsen (C1.1)	Mobiliteit	2,09		0	Olie	29
Lachgasreductie salpeterzuurfabrieken	Niet-ruimtelijk	4		0		0
Nieuwe concepten grootschalige WKK	Gebouwde omgeving	0,51		0	Gas	9
Potentieelbenutting grootschalige WKK	Gebouwde omgeving	0,84		0	Gas	15
Potentieelbenutting kleinschalige WKK landbouw en handel, dienst en overheid	Gebouwde omgeving	1,35		0	Gas	24
Proces geïntegreerde WKK petrochemie	Niet-ruimtelijk	0,29		0	Olie	4
Reducties bij het gebruik van F-gassen	Niet-ruimtelijk	1,5		0		0
Restwarmtebenutting huishoudens	Gebouwde omgeving	0,3		0	Gas	5
Stimuleren hybride bussen	Mobiliteit	0,04		0	Olie	1
Stimuleren zuinige personenauto's leaserijders	Mobiliteit	0,92		0	Olie	13
Toepassing biobrandstoffen transport	Mobiliteit	3,61	Olie	49		0
Verbeteren rendement via veranderen operationele inzet	Niet-ruimtelijk	0,25		0	Elektriciteit	3
Verbetering energiehuishouding raffinaderijen	Niet-ruimtelijk	0,35		0	Olie	5
Verbeteringen raffinaderijproces	Niet-ruimtelijk	1,2		0	Olie	16
Vraagbeperking bestaande bouw huishoudens	Gebouwde omgeving	1,7		0	Gas	30
Warmtepompen met koude/warmte opslag handel, dienst en overheid	Gebouwde omgeving	0,3	Gas	5		0
Warmtevraagvermindering glastuinbouw	Gebouwde omgeving	1,6		0	Gas	28
Warmtevraagvermindering industrie	Niet-ruimtelijk	2,05		0	Gas	36
Windenergie op land	Wind	1,22	Elektriciteit	16		0
Windenergie op zee	Wind	9,45	Elektriciteit	126		0
Zuinig stookgedrag huishoudens	Niet-ruimtelijk	0,3		0	Gas	5
Zuinige personenauto's	Niet-ruimtelijk	1,66		0	Olie	23
Zuiniger binnenvaart	Niet-ruimtelijk	0,34		0	Olie	5

Bron: Van den Wijngaart & Ros (2009); bewerking PBL

# Energiemaatregelen in de gebouwde omgeving

# 3

Voor een bijdrage van ruimtelijke ordening aan een duurzame energievoorziening in de gebouwde omgeving zijn er diverse mogelijkheden, bijvoorbeeld:

- de ontwikkeling van een stedelijke en regionale energievisie,
- onderzoek naar technische en institutionele mogelijkheden voor energievraagreductie en duurzame energieproductie met lage CO<sub>2</sub>-uitstoot voor bestaande gebouwen (voorraad, bouwtechniek, financiering, eigendom, stedenbouwkundige regels),
- de ontwikkeling van een visie op energie-infrastructuur, met aandacht voor de ordening in de ondergrond,
- de inventarisatie van belemmeringen en oplossingen in ruimtelijke regelgeving zoals de rooilijn, welstand, het beschermd stadsgezicht en monumentenzorg,
- een vlotte aanpassing van procedures voor nieuwe bouwtechnieken (voorbeeld warmte- en koudeopslag).

De energiematregelen in de gebouwde omgeving leveren vooral een bijdrage aan energiebesparing. Pas op de langere termijn zal in de gebouwde omgeving ook duurzame energie worden opgewekt.

Het werkprogramma Schoon en Zuinig streeft naar een geleidelijke aanscherping van de energiezuinigheid van de gebouwde omgeving. Voor de bestaande bouw hebben verenigingen van bouwbedrijven, de installatiebranche, energiebedrijven en ministeries het convenant Meer met Minder afgesloten. Het doel van dit convenant is een energiebesparing van bestaande gebouwen van 100 PJ in 2020 (ten opzichte van de referentieraming). In 2011 moeten 500.000 bestaande woningen en andere gebouwen naar energielabel B of minimaal twee energieklassen zijn verbeterd. In 2020 moet dit aantal tot circa 3 miljoen zijn opgelopen. Voor de nieuwbouw zet het Nederlandse beleid in op een halvering van het energiegebruik van nieuwe woningen en kantoren vanaf 2015 respectievelijk 2017 ten opzichte van de huidige nieuwbouw (Van Dril et al. 2009).

De doelstelling voor energiebesparing in het Europese Klimaat- en Energiepakket is niet verplichtend, maar besparing draagt natuurlijk wel bij aan de (verplichte) CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen voor de niet-ETS-sectoren,

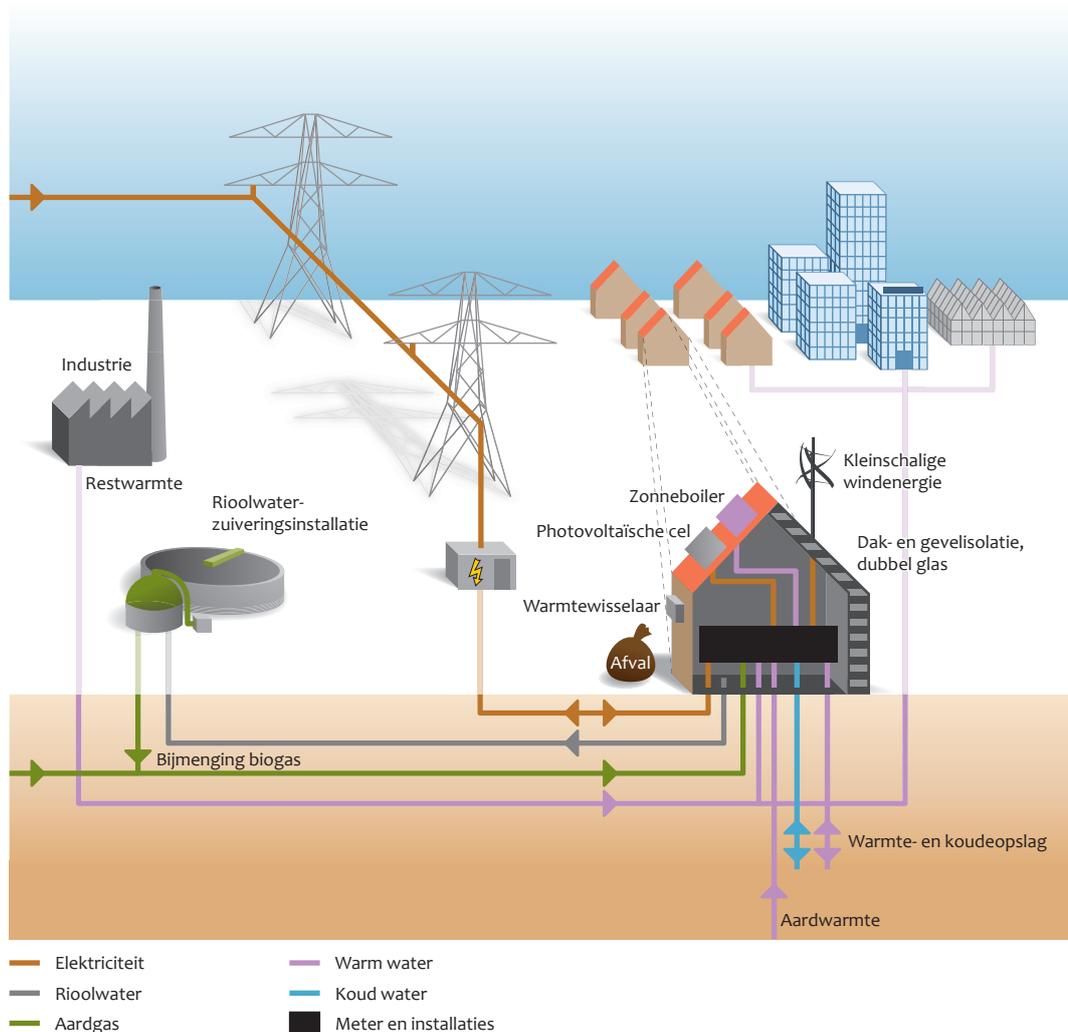
waartoe de gebouwde omgeving wordt gerekend. Bovendien zijn de lidstaten al eerder minimale energieprestaties van nieuwe gebouwen overeengekomen (Richtlijn 2002/91/EG van het Europees Parlement en de Raad betreffende de energieprestatie van gebouwen).

Het grootste aandeel in de energiebesparing wordt geleverd door maatregelen aan de bestaande bouw (Van Dril et al. 2009). De warmtehuishouding van gebouwen (zowel verwarming als koeling) neemt een groot deel van het energieverbruik en de emissies voor zijn rekening (ECN 2009). Isolatie is een relatief goedkope en efficiënte oplossing om het energieverbruik te reduceren, maar veel bestaande gebouwen zijn nog onvoldoende geïsoleerd. De hoofdmoot van de energiebesparing tot 2020 komt daarom uit een hogere isolatiewaarde van gevel en dak en daarnaast uit het anders omgaan met warmtestromen. De besparing in de bestaande bouw wordt echter in de meest recente evaluatie van Schoon en Zuinig (Van Dril et al. 2009) substantieel lager geschat dan de doelstelling van het convenant Meer met Minder. Vooral in woningen en kantoren blijven de effecten van het beleid achter bij de verwachtingen van het kabinet.

Maatregelen voor de opwekking van duurzame energie vinden voor 2020 ook al plaats, maar vormen geen groot aandeel in de totale energievoorziening. Zonneboilers (warmte), pv-cellen (elektriciteit) en kleine windturbines leveren maar kleine hoeveelheden energie, zelfs als ze in grote getale zouden worden opgesteld. Richting 2050 zal de opwekking van duurzame energie mogelijk een belangrijkere rol in de gebouwde omgeving gaan spelen (Faber & Ros 2009).

## 3.1 Benodigde maatregelen

De gebouwde omgeving is nu afnemer uit verschillende energieketens. Traditioneel komen gas, warmte (warm water) of elektriciteit via de nutsinfrastructuur bij het gebouw. Soms komt ook biomassa bij woningen aan, meestal hout. Gas, warmte en elektriciteit worden in



het gebouw voor het verwarmen en koelen van vertrekken, koken en elektrische apparaten ingezet. Deze energieketens zullen voor een groot deel blijven bestaan, maar in de energieketens in de gebouwde omgeving zijn ook veranderingen nodig (zie figuur 3.1).

### 3.1.1 De energiebron voor de gebouwde omgeving

In de gebouwde omgeving verandert in de eerste plaats de bron van de energie. De bronnen voor warmte worden meer divers. Het grootste deel van de warmte in de gebouwde omgeving komt nu nog van fossiele bronnen, met name aardgas dat in een verwarmingsinstallatie of een cv-ketel wordt verbrand of in een installatie waar warmte en elektriciteit gecombineerd wordt opgewekt (zogenoemde WKK: warmtekrachtkoppeling). Dit kan deels worden aangevuld of vervangen door aardwarmte en restwarmte uit de energiesector en de industrie, maar dit zal voor 2020 geen grote rol spelen. Dit vereist echter wel een infrastructuur voor het distribueren van warmte (warmtenetten). Ook de bron voor elektriciteit verandert. De voornaamste kandidaten hiervoor liggen op de nationale schaal (zie de hoofdstukken over wind en biomassa).

### 3.1.2 De energiezuinigheid van het gebouw

In de tweede plaats verandert in de gebouwde omgeving de afnemer zelf. Gebouwen moeten bijvoorbeeld zuiniger in het energieverbruik worden. De grootste bijdrage daaraan kan worden geleverd door isolatie van gevels, vloeren en daken. Ook een ander soort verwarming kan bijdragen aan een zuiniger energieverbruik. Vloer- en wandverwarming vragen water met een lagere temperatuur dan radiatoren. Deze systemen kunnen daardoor makkelijker gecombineerd worden met aardwarmte, warmte- en koudeopslag (WKO) en zonneboilers.

De verandering bij de afnemer is ook het gevolg van een veranderende verhouding tussen gas, warmte en elektriciteit in gebouwen. De trend is dat elektriciteit aan belang wint (PBL 2009b). Dat komt door de toename van het aantal apparaten in huis (absolute stijging van elektriciteit), de toename van warmte-isolatie (absolute afname van gas en warmte) en de omschakeling op elektrisch koken.

Ook veranderingen als het zuiniger maken en gebruiken van elektrische apparaten leiden tot besparingen in de gebouwde omgeving. De inrichting en bekabeling van woningen kunnen

daarin meespelen. Van meterkast tot stopcontact zijn voorzieningen denkbaar die meehelpen om energielekken te dichten. De extra stekkerdoos die nu nog nodig is om een schakelaar tussen standby-apparaten en adapters te plaatsen, is prima te integreren in de meterkast of een stopcontact. Verder is er een hele reeks hulpmiddelen beschikbaar die meer in de privésfeer van de consument dan in de ruimtelijke ordening liggen, van koelkastthermometers tot douchezandlopers.

### 3.1.3 Het gebouw als energieleverancier

De gebouwde omgeving verandert in de derde plaats doordat er energieketens bijkomen. De gebouwde omgeving blijft niet uitsluitend afnemer, maar wordt ook producent van elektriciteit en warmte. In de gebouwde omgeving en door de gebouwen zelf wordt in de toekomst meer energie gegenereerd en opgeslagen. Het genereren gebeurt deels op het dak, met zonneboilers, pv-cellen en mogelijk met urbane windturbines. Ook kan energie uit de gebouwde omgeving worden gehaald door warmteoverschotten en -tekorten op te slaan, bijvoorbeeld door warmte in water af te vangen en tijdelijk in de ondergrond op te slaan (WKO).

Voor de nieuwe warmtestromen is nieuwe infrastructuur nodig om de warmte van industrie en energieproducenten naar de wijken met kantoren en woningen te krijgen. Daarnaast zijn bijvoorbeeld onder de grond voorzieningen nodig voor de WKO. De nieuwe warmte- en elektriciteitsstromen vergen weer andere hulpmiddelen: de zogenoemde slimme meter en de virtuele centrale. De slimme meter informeert de netbeheerder over het gebruik en de productie van energie bij woning, kas of kantoor. Op grotere schaal zou software de vele decentrale bronnen en afnemers met elkaar in balans kunnen brengen, door het selectief toelaten van bronnen op het net. Zo'n systeem is nodig voor de stabiliteit van het netwerk en het vraagt minder capaciteit over het hele netwerk bezien. De voordelen van deze zogenoemde virtuele centrale zijn echter in de praktijk nog niet bewezen (Elzenga et al. 2006).

### 3.1.4 Gebouwtypen

De 'trade-off' tussen investeringen in energiebesparing en de functie van het gebouw wisselt met het gebouwtype. Verschillende gebouwtypen maken namelijk anders gebruik van energie. Verschillen in bijvoorbeeld de architectuur, de activiteit in het gebouw en het tijds patroon van gebruik beïnvloeden de energiebehoefte en ook de overwegingen ten aanzien van de energiekeuzes. Woningen hebben bijvoorbeeld over een heel jaar gemeten vraag naar warmte, terwijl kantoren over een heel jaar gemeten juist vraag naar koude hebben (Tillie et al. 2009). Schoon en Zuinig erkent deze verschillen en stelt andere eisen aan utiliteitsbouw dan aan woningbouw. Daarnaast verschilt de manier waarop energie in de afweging van eigenaren van gebouwen figureert. Energie voor scholen heeft veel te maken met het binnenklimaat van de klaslokalen. Belangrijke factoren daarbij zijn de luchtkwaliteit en de geluidbelasting. Wanneer scholen minder ramen openzetten om energie te besparen, worden de andere problemen groter. Bij kantoren staat de hoeveelheid kabels, leidingen en installaties op gespannen voet met een flexibele indeling van de plattgrond.

Omdat kassen een uitzonderlijke 'trade-off' hebben, is daar een apart programma voor: het programma Kas als energiebron. In dit programma wordt aan innovaties gewerkt die van kassen een ander, efficiënter energiesysteem kunnen maken (Platform Kas als Energiebron 2009). Hiermee wordt ook invulling aan het convenant gegeven dat de glastuinbouw in het kader van Schoon en Zuinig met de overheid heeft gesloten. Kassen gebruiken nu veel aardgas, voor licht, verwarming en CO<sub>2</sub>, maar zouden in principe klimaatneutraal kunnen zijn en zelfs energie kunnen leveren. Kassen ontvangen per jaar gemeten meer duurzame energie in de vorm van zonnewarmte dan ze gebruiken. Door ondergrondse opslag van tijdelijke overschotten in de zomer hoeft in de winter veel minder te worden gestookt. Andere verbeteringen zijn bijvoorbeeld het gebruik van aardwarmte, het aftappen van CO<sub>2</sub> uit andere industrieën, het telen van rassen die minder licht en warmte nodig hebben en het stoken van biomassa uit eigen restproducten.

## 3.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren

Bij het verbeteren van de energiestatistiek van de gebouwde omgeving zijn veel actoren betrokken, van gebouweigenaar tot adviseur en van overheid tot installateur. Hierna wordt kort het perspectief van verschillende actoren in de bouwpraktijk belicht, gebaseerd op de eerdere PBL-publicatie *Decentrale elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving* (Faber et al. 2009).

### 3.2.1 Ontwerpers en bouwers

Energiezuinig bouwen maakt in toenemende mate deel uit van de professionele routines van ontwerpers, bouwers en afnemers. De bouwvoorschriften (Bouwbesluit en gemeentelijke voorschriften) verscherpen telkens de eisen. Daarnaast zorgen convenanten tussen overheid en bouwsector voor nieuwe afspraken om energietechnieken in ontwerp en bouw mee te nemen (bijvoorbeeld het convenant Meer met Minder).

Uit het perspectief van ontwerpers betekent de verandering in de energieketen een verandering in hun ontwerp. Stedenbouwkundigen moeten bijvoorbeeld bij de inrichting van een wijk anders dan voorheen met warmteopslagsystemen en bezonning rekening houden. De warmteopslagsystemen moeten in de bestaande aandacht voor buizen en leidingen opgaan. De bezonning is op verschillende manieren van belang: vanwege de warmtelast op het huis (verschillend in de winter en in de zomer) en als oriëntatie voor zonnepanelen. Voor architecten geldt dat ze nieuwe technieken in hun ontwerp moeten meenemen, met consequenties voor maatvoering en materiaalgebruik. Een zonneboiler op het dak van een woning bijvoorbeeld vereist een vrije wand in een aparte kamer voor de pompinstallatie, het antivriesreservoir en het warmwaterreservoir. Dergelijke vereisten zijn nog niet in het standaardrepertoire opgenomen. Daarnaast leiden de extra regels voor bouw en financiering van duurzame energie mogelijk tot vertragingen in de bouw aanvraag, waardoor de technieken bewust worden vermeden.

### 3.2.2 Eigenaren

Verskillende technieken voor energiebesparing, -opslag en -opwekking zijn nu al rendabel in gebouwen toe te passen. Afhankelijk van de prijsniveaus zijn de investeringen eerder of later terugverdiend; op basis daarvan kan een eigenaar afwegen of hij het de moeite waard vindt hierin te investeren.

De Nederlandse woningbouwmarkt kent echter een structureel probleem: in de woningbouw is degene die bouwt, vaak niet degene die het gebouw ook gaat gebruiken. De ontwikkelaar van een gebouw die in de energiemaatregelen investeert, profiteert niet direct van de voordelen. In de verkoopprijs speelt energiezuinigheid slechts een bescheiden rol. De koper kijkt meestal nadrukkelijker naar de aanvangsprijs dan naar de exploitatiekosten. Dure, maar rendabele investeringen in energiezuinigheid verhogen de bouwkosten, zonder de opbrengsten voor de ontwikkelaar te laten stijgen.

Voor woningcorporaties of andere verhuurders is het voor het terugverdienen van de initiële investering essentieel dat energiemaatregelen voldoende in de huurprijs mogen worden doorberekend, bijvoorbeeld via het woningwaarderingstelsel (puntensysteem). Met ingang van 1 juli 2010 wordt de woningwaardering voor energielabels aangepast, waardoor verhuurders worden gestimuleerd energiebesparende voorzieningen te treffen.

Ook wanneer de eigenaar wel de gebruiker is, is voorzichtigheid geboden met particuliere investeringen. Investeringen van particulieren vereisen immers een jarenlange terugverdientijd, waardoor andere investeringen teniet worden gedaan. Zo kan de aanschaf van een HR-ketel investeringen in dubbelglas of de aansluiting op een gemeentelijk warmtenet in de weg staan.

### 3.2.3 De overheid

De overheid probeert de hiervoor genoemde actoren door middel van richtlijnen, subsidie en labels te motiveren. Voorbeelden daarvan zijn de subsidieregelingen voor na-isolatie en de eisen in het Bouwbesluit aan de totale energieprestatie van nieuwbouw, evenals de inmiddels afgeschafte Energie Premie Regeling (EPR) en de opvolger daarvan, het programma Meer met Minder, waaruit ook het convenant met het bedrijfsleven voortkomt.

De keuze voor berekeningssystemen die de overheid hanteert, heeft soms onbedoelde invloed op de uitkomsten. Zo worden door de berekeningssystematiek van energieprestatiecoëfficiënt (EPC) sommige oplossingen boven andere voorgetrokken. Dit is bijvoorbeeld het geval met de installatie van energie-efficiënte installaties als zonnecollectoren ten opzichte van schilisolatie en kierdichting (SPH 2006).

### 3.2.4 Energiebedrijven

De energiebedrijven krijgen een andere rol. In het convenant Meer met Minder hebben de energiebedrijven afgesproken nadrukkelijk een rol als adviseur naar de klant te gaan vervullen. Zij zullen de klanten gerichte informatie geven over hun mogelijkheden om de energierekening van het gebouw omlaag te brengen.

## 3.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen

Het ruimtegebruik van maatregelen in de bebouwde omgeving lijkt in omvang beperkt, maar heeft grote consequenties voor de directe leefruimte. Daarnaast heeft warmtebeheer in de toekomst belangrijke positieve indirecte effecten.

### 3.3.1 Directe effecten

Maatregelen om gebouwen energiezuiniger te maken, zijn overal in Nederland toe te passen. Wel zijn er verschillen. Zo is de ondergrond niet overal hetzelfde, zodat warmteopslag misschien niet overal voor de hand ligt.

De meeste maatregelen voor de gebouwde omgeving kennen slechts een beperkt direct ruimtegebruik boven de grond. Toch kan dit beperkte ruimtegebruik een significant effect op de bereidwilligheid of fysieke mogelijkheid voor maatregelen hebben. Na-isolatie bijvoorbeeld kan leefruimte kosten, door het plaatsen van een extra wand aan de binnenkant van het huis. Ook decentrale energieopwekking legt beslag op de leefruimte in gebouwen. Een zonneboiler op het dak van een woning bijvoorbeeld vereist een vrije wand in een aparte kamer voor de pompinstallatie, het antivriesreservoir en het warmwaterreservoir. In de afweging van gebruikers en bewoners kan dit een belemmering vormen. Het ruimtegebruik buiten het gebouw verandert door isolatie en decentrale energiesystemen. Als na-isolatie aan de binnenkant van gevels en daken niet wenselijk of mogelijk is, moet naar de buitenkant van gevels en daken worden uitgeweken. Dit leidt tot extra ruimtegebruik aan de buitenkant van gebouwen en mogelijk tot een ander aanzien van de gebouwen.

Als gevolg van warmtesystemen en -beheer treedt een belangrijk direct effect onder de grond op. Verschillende warmtesystemen, zoals warmtenetten voor restwarmte uit de elektriciteitsproductie en de industrie, aardwarmte en WKO, leggen onder de grond beslag op ruimte. Deze systemen zijn enerzijds rendabeler te maken door ze op elkaar af te stemmen en door gemeenschappelijk netwerken te benutten. Anderzijds kan interferentie tussen aangrenzende systemen optreden, doordat waterlagen voor opslag in elkaar gaan overlopen (Taskforce WKO 2009). Daarnaast concurreren warmtenetten met ruimtegebruik van andere netwerken en met functiegebruik van de ondergrond zoals drinkwaterbronnen.

### 3.3.2 Indirecte effecten

Door isolatie aan de buitenkant van gevels en daken en door de plaatsing van zonneboilers en zonnepanelen kan het aanzien van gebouwen veranderen. Deze veranderingen worden niet altijd gewaardeerd en kunnen hinder veroorzaken (schittering). Een belangrijk indirect effect treedt op als gevolg van warmtebeheer. De kosten voor warmteinfrastructuur zijn hoog. Om warmteverlies onderweg te vermijden, moeten namelijk kostbare isolerende leidingen worden aangelegd. Daarbij is het warmteverlies bij transport over grotere afstanden relatief kleiner dan het warmteverlies bij de distributie binnen een wijk. Een fijnmazig netwerk in de wijk kost daardoor veel door de infrastructuur zelf, maar ook door de hogere verliezen. Combinaties van warmteinfrastructuur voor verschillende nabije functies kunnen de hoge kosten hiervoor mogelijk dempen.

### 3.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van ruimtelijke ordening

Hoewel de energie-eisen voor nieuwbouw steeds strenger worden, blijven sommige technieken die nu al rendabel toe te passen zijn, vaak onderbenut (Faber et al. 2009). Onbekendheid hiermee veroorzaakt problemen in de hele bouwkolom: van architecten die de nieuwe technieken niet kennen tot procedures die niet in orde zijn. Dit laatste was bijvoorbeeld het geval met de vergunningplicht voor WKO. Inmiddels is hiervoor in interprovinciaal overleg een uniforme lijn gekozen (Schueler et al. te verschijnen). Specifiek voor WKO ontbreekt ook een afdoende kader om met de interferentie tussen verschillende opslaglocaties ondergronds om te gaan. De Taskforce WKO pleit voor ordening van warmte- en koudeopslag onder de grond (Taskforce WKO 2009).

Voor bestaande bouw is het momenteel niet mogelijk met terugwerkende kracht eisen aan de energiestaat van gebouwen te stellen, ook niet bij wisseling van eigenaar. Voor aanpassingen in de bestaande bouw is het Rijk bij het huidige beleid afhankelijk van samenwerking met gemeenten, provincies, gebruikers, eigenaren en andere actoren, zoals corporaties of het parkmanagement van bedrijventerreinen. Het convenant Meer met Minder is daar een voorbeeld van. Dit convenant is vooral op de wisselmomenten van eigenaar-bewoners en huurders gericht. Voor woningbouwcorporaties geldt een meer gelijkmatige aanpak.

Om gemeenten te ondersteunen bij het zorgvuldig omgaan met energie, zijn in de afgelopen jaren, naast de nationale kaders, diverse instrumenten ontwikkeld. Hiervan zijn de Energieprestatienorm (EPN) en de aanvulling daarop, de Energie Prestatie op Locatie (EPL), op nieuwbouw gericht. De EPL kan in de fase van stedenbouwkundige planvorming worden bepaald, waarna de resultaten in het bestemmingsplan kunnen worden opgenomen. Het gebruik van de EPL is niet wettelijk verankerd, maar is een hulpmiddel om het ambitieniveau van een gemeente te kunnen bepalen.

Bij de bestaande bouw treden op gemeentelijk niveau soms tegenstrijdige belangen en belemmeringen op. Veranderingen aan gebouwen kunnen strijdig zijn met de lokale stedenbouwkundige spelregels, zoals rooilijnen en bezwaren in verband met het aanzicht (welstand) en monumentenzorg. Gevels en daken mogen niet zonder vergunning worden aangepast en het is lang niet altijd toegestaan extra voorzieningen aan bouwwerken aan te brengen.

De effecten van het beleid blijven achter bij de verwachtingen van het kabinet (PBL 2009b). Daarom is aanvullend voor woningen en kantoren mogelijk minder vrijblijvend beleid nodig. Het lijkt er bovendien op dat veel besparingspotentieel onbenut wordt. Meer onderzoek is nodig om te achterhalen wat precies de knelpunten daarvan zijn en hoe deze technisch en institutioneel op te lossen zijn.

### 3.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

De bijdrage van de ruimtelijke ordening is in de eerste plaats te verbeteren door een integraal ruimtelijk beeld van een duurzame stedelijke energievoorziening in de gebouwde omgeving mee te geven. Een dergelijke visie op de toekomst van de stad (zoals Van Cranenburgh et al. te verschijnen; Tillie et al. 2009) kan helpen om de vele actoren te activeren en bij elkaar te brengen, schaalvoordelen te benutten en procedures vlot te trekken. De versnippering van initiatieven en verantwoordelijkheden wordt door het Rijk echter als probleem gezien (Versteeg et al. 2009). De hele bouwkolom is bij innovatie van energieconcepten voor de gebouwde omgeving worden betrokken. Een visie op de toekomstige duurzame energievoorziening van de stad kan energie een belangrijker thema in het stedenbouwkundig ontwerp maken. Hierdoor worden extra afwegingen gemaakt voor bijvoorbeeld verkaveling of combinaties van functies (Zeelenberg 2009). De meeste effectieve technieken zijn echter op gedragsverandering gericht of liggen op het schaalniveau van het gebouw of bouwblok. Bovendien gelden ook veel andere aanleidingen voor het stedenbouwkundig ontwerp, waarvan energie niet altijd de belangrijkste is.

De bijdrage van de ruimtelijke ordening kan in de tweede plaats worden verbeterd door de ondersteuning van een ruimtelijke visie op de infrastructuur voor de energietransitie. Een voorbeeld daarvan is de warmtedistributie. Verkenkende studies om energieoverschotten van glastuinbouw in de stedelijke omgeving in te zetten, stuiten op praktische bezwaren, maar zagen ook kansen (bijvoorbeeld Mecanoo 2003; Tillie et al. 2009). Volgens het Platform Duurzame Elektriciteitsvoorziening (2008) zijn er grote kansen voor grootschalige benutting van restwarmte uit industriële processen nabij grootstedelijke gebieden, concentratiegebieden voor kassen en energie-intensieve industriële clusters. De energie-infrastructuur zal met name in de (ondiepe) ondergrond van steden terechtkomen. De problematiek van het beheer van de ondergrond in relatie tot ruimtelijke ordening is bekend, maar vraagt meer aandacht.



# Windenergieketen

# 4

Voor een bijdrage van ruimtelijke ordening aan windenergie zijn er diverse mogelijkheden, bijvoorbeeld:

- een regionaal inpassingsplan maken in dialoog met de omgeving voor de plaatsing en uitsluiting van windenergie, met randvoorwaarden voor de maten en de opstelling van windturbines,
- de ruimtelijke afweging verbeteren en de investeringszekerheid vergroten voor de doorgroei op lange termijn van windenergie op zee,
- bij doorgroei van windenergie zorgen voor een visie op een elektriciteitsnetwerk (dat daarvoor essentieel is); hier zit een sterke geografische component in.

Windturbines kunnen op land en op zee worden geplaatst. Schoon en Zuinig stelt voor beide toepassingen een doel: 4 GW opgesteld vermogen op land en 6 GW op zee. Urbane turbines maken geen deel uit van de beleidsdoelen voor wind; zij behoren tot de energiemaatregelen in de gebouwde omgeving.

De belangrijkste beleidsinspanning voor windenergie op land ligt op dit moment in het vinden van ruimtelijke strategieën voor grootschalige windparken en, daartegenover, landschappen die juist vrij van turbines moeten blijven. In het voorjaar van 2010 presenteert VROM een nationale ruimtelijke visie voor de ontwikkeling van grootschalige windparken.

Ook op zee ontwikkelt de rijksoverheid een ruimtelijke visie. Veel activiteiten op zee worden via sectorale regelgeving aangestuurd. Toch wil de rijksoverheid in haar beleid voor de Noordzee tot een algemeen kader voor de (ruimtelijke) afstemming tussen functies komen. Het Integraal Beheerplan Noordzee 2015 (IDON 2005) biedt een kaart van het Nederlandse deel van de Noordzee, waarin de verschillende gebruikers en functies een plek krijgen. Met het Ruimtelijk Perspectief dat in het voorjaar van 2010 verschijnt, beoogt het ministerie van Verkeer en Waterstaat helderheid te bieden over het ruimtegebruik op de Noordzee tot 2020 en een doorkijk te geven naar de verdere toekomst.

In de periode na 2020 blijft windenergie voor Nederland relevant (Van den Wijngaart & Ros 2009). De verwachting is dat windenergie in het noordwesten van Europa in 2050 een van de belangrijkste duurzame bronnen voor elektriciteit is (PBL 2009a).

## 4.1 Benodigde maatregelen

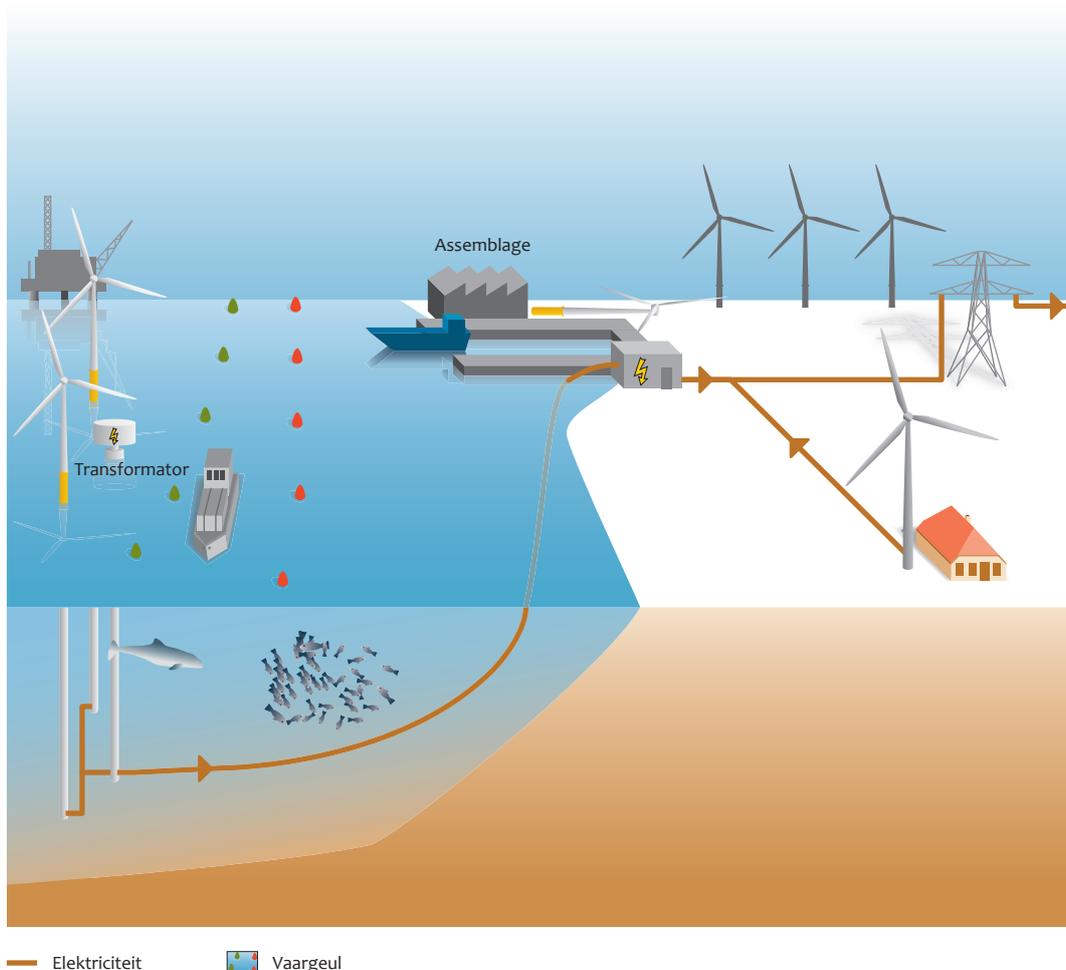
De veranderingen vinden voornamelijk plaats aan de kant van de bron en het netwerk en niet aan de kant van de afnemer. Windenergie vraagt immers om plaatsing van windturbines en om een aanpassing van het elektriciteitsnetwerk. Op land kunnen turbines zowel solitair als in windparken worden opgesteld. Op zee zal dat altijd in windparken gebeuren.

Het ruimtebeslag van de hele productieketen van bouwen, plaatsen en vervangen van windturbines is relevant vanwege de grootte van de mast en de wieken. Om met deze onderdelen en geassembleerde turbines te kunnen manoeuvreren, zijn grote bedrijventerreinen en haventerreinen nodig.

Technieken en kosten voor plaatsing op zee zijn nog sterk in ontwikkeling. Factoren die beide beïnvloeden, zijn bijvoorbeeld de afstand van het windpark tot de haven, de diepte van de zee en het type ondergrond. De beschikbare technieken beïnvloeden de planologische mogelijkheden (zie de paragraaf over de ruimtelijke effecten).

De elektriciteit die de windmolens genereren, moet afnemers via het elektriciteitsnetwerk bereiken. Aanbieders van windenergie moeten daartoe op land voor een aansluiting op het zogenoemde koppelnet zorgen (het koppelnet is het basiselectriciteitsnet dat door heel Nederland ligt). Op zee, waar geen koppelnet ligt, wordt de aansluiting tot nu toe per park geregeld.

Voor een groter vermogen van elektriciteit uit windenergie zijn twee soorten aanpassingen van het elektriciteitsnetwerk nodig. Ten eerste moet de elektriciteitsinfrastructuur voor aansluitingen van windparken worden uitgebreid en moeten de netwerken van het elektriciteitstransport voor de toename van het elektriciteitsgebruik worden aangepast. In het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening reserveert de rijksoverheid onder andere ruimte voor nieuwe hoogspanningsleidingen (EZ 2008). Ten tweede moet het netwerk aan de aard van windenergie worden aangepast. Windenergie levert door het wisselende windaanbod problemen voor de netwerkstabiliteit op. Op het netwerk moeten vraag en aanbod met elkaar in balans zijn. Het Nederlandse netwerk kan tussen de 4 en 10 GW windenergie aan (Ummels 2009; Energieraad 2009).



Drie elkaar aanvullende strategieën zijn op korte termijn nodig om de stabiliteit van het netwerk bij een groter aandeel windenergie te waarborgen:

- vergroting van de voorspelbaarheid van het windaanbod door betere weersvoorspellingen en een spreiding van het areaal,
- uitbreiding van het areaal aan gascentrales die de terugval van windaanbod compenseren (gascentrales zijn sneller regelbaar dan kolen- en kerncentrales),
- uitbreiding van het bestaande grensoverschrijdende elektriciteitsnetwerk (interconnectie); in een omvangrijker netwerk zijn pieken en dalen eerder in evenwicht en is het ook gemakkelijker om overschotten weg te sluisen.

Bovendien is aandacht nodig voor de ontwikkeling van het 380 kV-net. Het bestaande netwerk is niet in staat overal in Nederland grote extra vermogens elektriciteit te faciliteren.

Op langere termijn, richting 2030-2050, wordt aan meer ingrijpende maatregelen gedacht, mogelijk ook wat ruimte betreft (Lysen UCE UU). De opties hiervoor variëren van grootschalige chemische batterijen tot mechanische opslag. Een vorm van mechanische opslag is het kunstmatig creëren

van stuwmeren in het IJsselmeer (plan Lievense) of op de Noordzee (Energie-eiland).

## 4.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren

### 4.2.1 De overheid

De overheid heeft bij de plaatsing van windmolens een dubbele rol. Zij is enerzijds aanjager en facilitator van windenergie en anderzijds de behoeder van 'zachte' waarden als ecologie en landschap. Nu is er veel aandacht voor de eerste rol, maar op den duur kan de tweede belangrijker worden. Wanneer windenergie als investering zelfstandig rendeert, zal de rol van de rijksoverheid veranderen van initiërend naar regulerend. Het ministerie van VROM en de provincies ontwikkelen op grond van de doelen voor Schoon en Zuinig ruimtelijk beleid om de aanleg van windparken te stimuleren. Voor windturbines op land moeten gemeenten uiteindelijk de bouwvergunning uitgeven. De Wet ruimtelijke ordening geeft rijksoverheid en provincie wel de mogelijkheid om windturbines zelf te realiseren (bijvoorbeeld via een inpassingsplan), maar naar dit instrument wordt niet lichtvoetig gegrepen.

Op zee treedt het Rijk in een andere gedaante op. Hier liggen de ruimtelijke bevoegdheden bij het ministerie van Verkeer en Waterstaat, die de vergunning op grond van Wet beheer Rijkswaterstaatwerken moet afgeven. Het ministerie van Economische Zaken is in beide gevallen bij de financiering betrokken. Er zijn ideeën over een nieuwe uitgiftesystematiek op zee om de doelstelling van 6.000 MW opgesteld vermogen in 2020 te bereiken. De minister van Economische Zaken gaat aan een wetswijziging werken die een concessiestelsel mogelijk maakt (brief van 30 maart 2009 aan de Tweede Kamer van de ministers van Economische Zaken en VROM en de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat). Een wind-energieconcessie is een exclusief recht om gedurende een langere periode (8 à 10 jaar) in een specifiek gebied windturbineparken te ontwikkelen. Daarmee hebben de investeerders meer zekerheid dan bij het huidige vergunningsstelsel.

#### 4.2.2 Investeerders

Bij windenergie zijn heel verschillende investeerders betrokken: zowel grote energiebedrijven die parken aanleggen als individuele particulieren die een turbine kopen (bijvoorbeeld agrariërs) en collectieven. Het prijsniveau van energie heeft op land invloed op het soort investeerders. Andere Europese landen proberen door een gegarandeerde vaste vergoeding over een lange periode investeerders over de streep te trekken die geen groot financieel risico kunnen lopen. Een bekend voorbeeld daarvan is het *Erneurbare Energien Gesetz* (EEG) in Duitsland. De overheid garandeert op die manier een vaste prijs voor teruggeleverde energie, te betalen door de energiebedrijven zelf, die het weer aan hun klanten doorberekenen. Hierdoor zijn investeerders niet afhankelijk van een lage of zeer fluctuerende stroomprijs. Bij een stabiele instroomregeling of een hogere stroomprijs komen ook de kleinere investeerders als agrariërs, bedrijventerreinverenigingen of burgerverenigingen meer in beeld (Cace 2009).

De prognoses van de prijs voor elektriciteit en de kosten van windenergie laten zien, dat windenergie op land al voor 2020 met conventionele bronnen zal concurreren (Verrips 2005; Eerens et al. 2008). Windturbines worden dan een aantrekkelijke optie voor investeerders, ook zonder subsidie. Op dit moment zijn de windrijkste gebieden nagenoeg concurrerend, terwijl binnenlandlocaties forse subsidies nodig hebben. De komende jaren zullen steeds meer locaties rendabel worden, al is dat een geleidelijk proces. Mogelijk leidt dit tot een verdere spreiding van windenergie over Nederland en tot een groter aantal verspreide initiatieven.

Een vergelijkbaar omslagpunt voor windenergie op zee wordt pas later verwacht. Met windparken op zee zijn grote investeringen gemoeid. Slechts een beperkt aantal partijen kan dergelijke omvangrijke investeringen met een hoog risicoprofiel aan. Op hun beurt kunnen de grote partijen slechts een beperkt aantal risicovolle investeringen tegelijk aan. Grote investeringen gaan immers lang voor de baten van de windparken uit. Er moeten namelijk eerst technieken voor fundering en installatie worden ontwikkeld. Ook moet ervaring met turbines op zee worden opgedaan. De omstandigheden zijn daar heel anders dan op land. Onzekerheid over de toekomst van windenergie op lange termijn is voor investeerders daarom een groot probleem.

#### 4.2.3 Bezwaarmakers in het gemeentelijke, provinciale en nationale politieke proces

Voor plaatsing van windturbines op land is een bouwvergunning nodig en ook vaak een wijziging van het bestemmingsplan. De bestemmingsplanprocedure biedt belanghebbenden de mogelijkheid bezwaren te uiten (Bosch 2008). In het Nederlandse bestuurlijk-juridische stelsel heeft het publiek daar relatief gemakkelijk toegang toe (VROM-raad).

De bezwaren lopen sterk uiteen. Omwonenden ondervinden directe hinder van de plannen en belangenverenigingen verzetten zich tegen de aantasting van natuurwaarden en verstoring van het landschap zoals zij die ervaren. Daarnaast komen in publieke debatten discussies naar voren over (onvoldoende aangetoond) 'nut en noodzaak' en de (slecht verdeelde) 'lusten en lasten' (zie ook PBL 2008b). Tegenstanders van windenergie uiten doorgaans hun twijfel over het nut van windturbines op land ten opzichte van kernenergie of van alternatieven zoals zonne-energie. Daarnaast zouden windparken relatief weinig voordelen voor de lokale gemeenschap bieden, terwijl die wel de lasten draagt. Deze discussies beïnvloeden uiteindelijk het proces van ruimtelijke ordening, niet alleen via de rechter maar ook via de politiek. Discussies over windenergie halen de landelijke pers en politiek, zoals bleek bij de discussie over windturbines in het Groene Hart bij Woerden of de discussie rond een windpark bij Urk.

Lokale weerstand kan de realisatie van de doelstelling bedreigen. Daar waar windturbines geen problemen opleveren, zijn ze het eerste geplaatst. De logische verwachting is echter dat gemakkelijk aanvaarde, windrijke plekken zeldzamer worden.

Bij procedures voor windenergie op zee zijn er geen omwonenden. Belangrijke partijen die wel inspraak hebben, zijn andere gebruikers van de Noordzee, zoals de scheepvaart, de visserij of belangenorganisaties als de Stichting Natuur en Milieu. Zij hebben, vergelijkbaar met de planologische functies op land, invloed op de plannen voor locatiekeuze. Voor plaatsing van windturbines op zee is op grond van de Wet beheer Rijkswaterstaatwerken een vergunning nodig. Het is daarnaast noodzakelijk een milieueffectrapportageprocedure te doorlopen. Daarin vindt brede toetsing plaats van de gevolgen van de bouw van het park voor de ecologie, voor de scheepvaart (gevaar, hinder) en voor bijvoorbeeld de bereikbaarheid van olie- en gasplatforms per helikopter. In het kader van die procedure kunnen ook zienswijzen van maatschappelijke actoren worden ingebracht. Een en ander hoeft een project niet in gevaar te brengen, maar kan wel tot hogere kosten leiden. Beperken windparken bijvoorbeeld de aanvliegroutes naar boorplatformen, dan vragen aardolie- en gasmaatschappijen daar financiële compensatie voor.

#### 4.2.4 Netwerkbeheerder

De netwerkbeheerder gedraagt zich op land anders dan op zee. Op land verzorgt de turbine-eigenaar de aansluiting met het basisnetwerk (koppelnets), dat door Tennet wordt beheerd. Of Tennet ook op zee verantwoordelijk voor de aanleg van de verbinding met offshorewindenergieparken wordt, is nog niet duidelijk. De minister van Economische Zaken heeft in haar brief aan de Tweede Kamer bij de

aanbieding van het rapport aangegeven, dat ze deze wettelijk taak voor Tennet overweegt (12 juni 2009, TK 31 239, nr. 64). Wel moet er eerst meer duidelijkheid komen over de verdeling van de kosten tussen afnemers, producenten en overheid en over de ontwikkelingen op EU-gebied.

#### 4.2.5 Europese Unie

Europa gaat zich als relatief nieuwe partij in de nabije toekomst nadrukkelijker bemoeien met windenergie op zee. Dit kan op twee manieren. Ten eerste draagt Europa misschien aan de infrastructuur op zee bij. Nu al verstrekt Europa ondersteuning voor infrastructuurprojecten voor windenergie op zee. In de toekomst is het denkbaar dat Europa vanwege het gemeenschappelijke belang van de duurzame elektriciteitsvoorziening en de bijzondere geografische omstandigheden een actievere rol in de elektrische infrastructuur op de Noordzee gaat spelen.

Ten tweede zou een ruimtelijke visie in een Europees kader kunnen worden ontwikkeld. De Europese Commissie constateert dat de economische drukte op zee en de druk op de maritieme ecologie om een ruimtelijke visie vragen (EC 2008). Zo'n visie kan alleen succes hebben als er internationaal draagvlak voor is. Landen hebben zelf de mogelijkheid gebruiksregels voor de eigen zee (de Exclusieve Economische Zone) vast te stellen. Toch gaat die bevoegdheid niet over alle functies. De routes van de scheepvaart vallen bijvoorbeeld onder internationale verdragen en kunnen niet zomaar door landen worden aangepast. Voor de delen van de zee en die functies die onder nationale bevoegdheden vallen, zou Europa wel spelregels voor het opstellen van de ruimtelijke visie kunnen maken. Daarnaast zou in een Europees kader concrete zee-grensoverschrijdende samenwerking kunnen plaatsvinden. Beide mogelijkheden worden onderzocht in het project *Maritime Spatial Planning*.

Er bestaat inmiddels een Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie, die mogelijk een rol gaat spelen bij ruimtelijke visieontwikkeling voor windparken. De kaderrichtlijn schrijft voor dat er maatregelen moeten worden getroffen om de achteruitgang van het mariene milieu tegen te gaan. Het doel is dat de Europese zeeën in 2021 hersteld zijn en zich in een gezonde milieutoestand bevinden. Om dit te bereiken moeten lidstaten bijvoorbeeld voorwaarden stellen aan menselijke activiteiten op de Noordzee. De richtlijn verplicht de lidstaten bovendien om (met hun buurlanden) een strategie op te stellen, die ruimtelijke consequenties heeft.

### 4.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen

De plaatsingsruimte van een enkele turbine is niet groot. Toch is er door de grote aantallen benodigde turbines wel degelijk een groot ruimtelijk effect. Daarnaast heeft de windturbine een grote planologische schaduw.

#### 4.3.1 Directe effecten

Vanwege de grote onderdelen is de totale productieketen van bouwen, plaatsen en vervangen van windturbines relevant voor het ruimtebeslag. Om met de onderdelen en geassembleerde turbines te kunnen manoeuvreren, zijn grote bedrijventerreinen en haventerreinen nodig. Ondanks hun

grootte als object in het landschap neemt de windturbine, eenmaal geplaatst, weinig ruimte in. Bij de voet van de mast is slechts beperkte ruimte voor onderhoud nodig.

De huidige spreiding van windturbines op land laat drie belangrijke invloedsfactoren zien: het lokale windklimaat, de verstedelijking en het provinciale bestuur. Het lokale windklimaat bepaalt de energieopbrengst en dus de winst. Stedelijk gebied wordt enerzijds om die reden vermeden (het waait er minder), anderzijds om problemen met overlast en veiligheid te voorkomen. Los van deze planologische omstandigheden heeft het provinciaal beleid invloed. Flevoland heeft windenergie nadrukkelijk omarmd en levert daardoor een relatief grote bijdrage aan het nationale windenergievermogen. Wanneer productie van windenergie goedkoper wordt, komen ook meer oostelijke locaties in beeld. Daar zijn de windsnelheid en het aantal uren dat de windturbine in werking is lager, maar uiteindelijk zullen ook die locaties zonder subsidie renderen. De spreiding en het directe ruimtegebruik van windenergie op zee blijft beperkt tot de locaties waarvoor de minister van Verkeer en Waterstaat concessie verleent. Tot nu toe worden locaties gezocht op plekken waar windturbines niet in conflict met andere functies komen. Met andere woorden: windenergie wijkt uit.

#### 4.3.2 Indirecte effecten

Planologische regels leggen zowel op land als op zee beperkingen voor andere functies op. Op land werpen planologische belemmeringen en de publieke opinie drempels op voor het halen van de doelstelling (Bosch & Van Rijn 2008). Voor windturbines is voldoende plaatsingsruimte en windsterkte nodig, maar ze mogen niet in de weg komen te staan van bijvoorbeeld luchtvaart, radar of natuur. Daarnaast mogen ze niet voor fysieke overlast voor omwonenden zorgen, bijvoorbeeld door geluidhinder, verhoogd risico of zichthinder (slagschaduw, flikkering, schittering).

Een bijzondere vorm van overlast is de ervaren hinder in het aanzien van het landschap (Schöne 2007). De windturbine zou een aantasting vormen van de beleving van de natuurlijkheid, de schaal, de openheid of de historische identiteit van het landschap. De beleefde aantasting van het landschap is in Nederland het onderwerp van veel discussies over de locatiekeuze en het ontwerp van windparken en leidt soms tot het afstel van plannen. De combinatie van windturbines met andere functies zou de esthetische bezwaren tegen wind op land kunnen verminderen, maar er is geen wetenschappelijke consensus over hoe dat moet.

Planologische interferentie tussen windenergie en andere functies komt ook op zee voor, maar er zijn drie belangrijke verschillen: op zee ontbreekt een aantal partijen doordat sommige vormen van hinder niet optreden, op zee zijn veel grotere zones met de veiligheid gemoeid en er is nog weinig bekend over het cumulatieve effect van ecologische verstoring op zee. De vergunningverlener vereist weliswaar een toets op de natuureffecten per project, maar de optelsom van de effecten van veel losse projecten kan toch schade voor bijvoorbeeld zeevogels of bruinvissen opleveren.

#### 4.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van ruimtelijke ordening

De plaatsing van windturbines heeft inmiddels een vanzelfsprekende plaats in de lokale planvorming gekregen. De mogelijkheden om bezwaar te maken zijn eveneens stevig ingebed en vertragen mogelijk het halen van de doelstelling (Bosch et al. 2008). De minister heeft met de Wet ruimtelijke ordening en de Crisis- en herstelwet middelen om projecten vanwege het nationale belang te versnellen, maar is terughoudend in het gebruik ervan gezien het grote draagvlakprobleem van burgers, gemeenten en provincies.

Wat opvalt is dat discussies die op nationaal niveau thuis horen (nut en noodzaak) in de lokale procedures opnieuw gevoerd worden. Daarnaast ontbreken regionale ruimtelijke kaders voor de strategie voor windparken, die zowel de voorkeurlocaties als de visies omschrijven.

De procedures voor ruimtelijke ingrepen op zee lopen anders dan op het land, namelijk via de Wet beheer rijkswateren en het vergunningstelsel, in plaats van de Wet ruimtelijke ordening en het bestemmingsplan. Ook deze procedures waarborgen in principe dat met andere functies rekening wordt gehouden, bijvoorbeeld via het inbrengen van zienswijzen op de plan-milieueffectrapportage of de vergunningverlening.

#### 4.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

Het is een illusie te denken dat bezwaren te voorkomen zijn. De inbedding van windparken in regionale ruimtelijke visies kan echter wel helpen de acceptatie van windenergie op land bij het publiek te verhogen (Vlek 2000). In het lokale debat is de visuele inpassing een van de belangrijkste tegenargumenten. Door een regionale ruimtelijke visie wordt dit probleem van de visuele inpassing in het politieke proces ingebracht op het niveau waar het probleem speelt. De publieke discussie over een regionaal plan met windparken én visies biedt mogelijkheden tot onderhandelen en uitruilen. Daarnaast kan de regionale visie andere maatregelen inbrengen die helpen de acceptatie te bevorderen, bijvoorbeeld financiële compensatie of compenserende ruimtelijke maatregelen.

De discussie over het ontwerp van een windpark kan de samenhang tussen het windpark en de omgeving verbeteren, zodat een hogere (door het publiek ervaren) omgevingskwaliteit tot stand wordt gebracht. Vaak komt deze discussie niet voor in het proces en krijgt het publiek pas met het plan te maken als de inspraak loopt. De maten en de opstelling van het plan staan dan echter al vast. In de praktijk blijkt onderhandeling over bijvoorbeeld de hoogte en de locatie van de masten de slagingskansen van het project te vergroten (PBL 2008b).

Voor de lange termijn is een ruimtelijke visie nodig op de doorgroei naar een groot aantal parken verspreid over de hele Noordzee. Het ontwerp Nationaal Waterplan voorziet al in een ruimtelijke visie voor het Nederlandse deel en kan worden verbeterd door de tijdshorizon ruimer te nemen

dan 2020. De planhorizon van de rijksoverheid is nu korter dan nodig is om adequate voorbereidingen te treffen voor de aanleg van transportnetten, het ontwikkelen van speciale schepen en de bouw van assemblageterrinen en haventerreinen. Daarnaast wordt, als windenergie verder doorgroeit, de inpassing ten opzichte van andere functies problematisch. In het huidige Nationaal Waterplan is ruimte voor windparken op zee gevonden die nog niet door andere functies wordt geclaimd. Deze strategie is op lange termijn kostbaar, omdat de vrije locaties steeds verder weg liggen. Een ruimtelijke visie alleen biedt geen garanties. Wel kan zo'n visie toekomstige knelpunten voor doorontwikkeling in kaart brengen en misschien deels door ruimtelijke keuzes oplossen. Bestaande functies op zee moeten in de toekomst mogelijk voorrang aan windenergie verlenen. Dit onderwerp vraagt om een bredere discussie (mogelijk ook maatschappelijk) over de inrichting van de Noordzee.

Bij verdere doorgroei van windenergie is ook een visie op de infrastructuur van de elektriciteitsvoorziening nodig: het netwerk. Een verdere Europese netwerkitegratie is noodzakelijk (Energieraad 2008). Ook zonder grootschalig gebruik van windenergie moeten 'missing links' in het Europese netwerk (verbindingen tussen de netwerken van landen) tot stand worden gebracht. Bij een verdere doorgroei van windenergie hebben de ontwerpkeuzes voor het elektriciteitsnetwerk rond de Noordzee grote consequenties (Gordijn et al. 2003). De maatregelen voor de opslag van energie op momenten van overaanbod kunnen ruimtelijk zeer ingrijpend zijn, maar dat hoeft niet. Denkrichtingen lopen uiteen van een compleet energie-eiland op de Noordzee (KEMA 2007) tot opslag in geparkeerde elektrische auto's (Nagelhout et al. 2009).



# Energiemaatregelen voor automobilititeit

# 5

Voor een bijdrage van ruimtelijke ordening aan een duurzame energievoorziening in de automobilitieketen zijn er diverse mogelijkheden, bijvoorbeeld:

- stedenbouwkundige maatregelen kunnen op verschillende niveaus, van het niveau van de stad tot het niveau van de weginrichting, ander mobiliteitsgedrag ondersteunen, dit levert ook milieuvoordelen op,
- stedelijke verkeersvisies voor parkeren en weginrichting, moeten rekening gaan houden met de transitie naar elektrische auto's of auto's op waterstof,
- deze maatregelen creëren op hun beurt als positieve bijvangst milieuruimte die aan de mogelijkheden voor stedelijke ontwikkeling ten goede komt,

Voor automobilititeit is tot 2020 een beperkt aantal maatregelen relevant: geleidelijke aanscherping van de CO<sub>2</sub>-normering voor auto's, bussen en vrachtwagens, de inzet van biobrandstoffen en minder brandstofgebruik door een ander gedrag van automobilisten (zoals zuiniger rijden en minder rijden vanwege de kilometerheffing).

De Europese verordening CO<sub>2</sub> & Auto's stelt vanaf 2012 eisen aan de uitstoot van nieuwe personenauto's. In 2015 moet de uitstoot van alle verkochte personenauto's in de EU op maximaal 130 gram CO<sub>2</sub> per kilometer uitkomen. In 2020 moet de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot minder dan 95 g/km bedragen. De reductie wordt deels door zuinigere auto's en deels door de inzet van biobrandstof bereikt. Biobrandstof maakt een steeds groter deel uit van benzines en diesel. Specifieke richtlijnen stellen doelen voor de bijmenging, die stapsgewijs oploopt van 2010 naar 2020.

Hoewel elektrische auto's vaak de actualiteit halen, houdt de conventionele auto tot 2020 om verschillende redenen een dominant marktaandeel (Nagelhout et al. 2009; Hanschke et al. 2009). Ten eerste duurt het lang voordat alle conventionele auto's via hun normale economische levensduur zijn uitgefaseerd. Ten tweede, worden autofabrikanten niet gedwongen op een andere aandrijving over te gaan doordat de regels telkens een lagere uitstoot afdwingen; ze kunnen ook proberen de huidige aandrijving efficiënter te maken. Ten derde is het niet gemakkelijk bij dezelfde prestatie-eisen (prijs, actieradius en rijgedrag) een andere aandrijving te fabriceren. Conventionele auto's blijven daarom nog enige tijd goedkoper in de aanschaf dan bijvoorbeeld elektrische auto's.

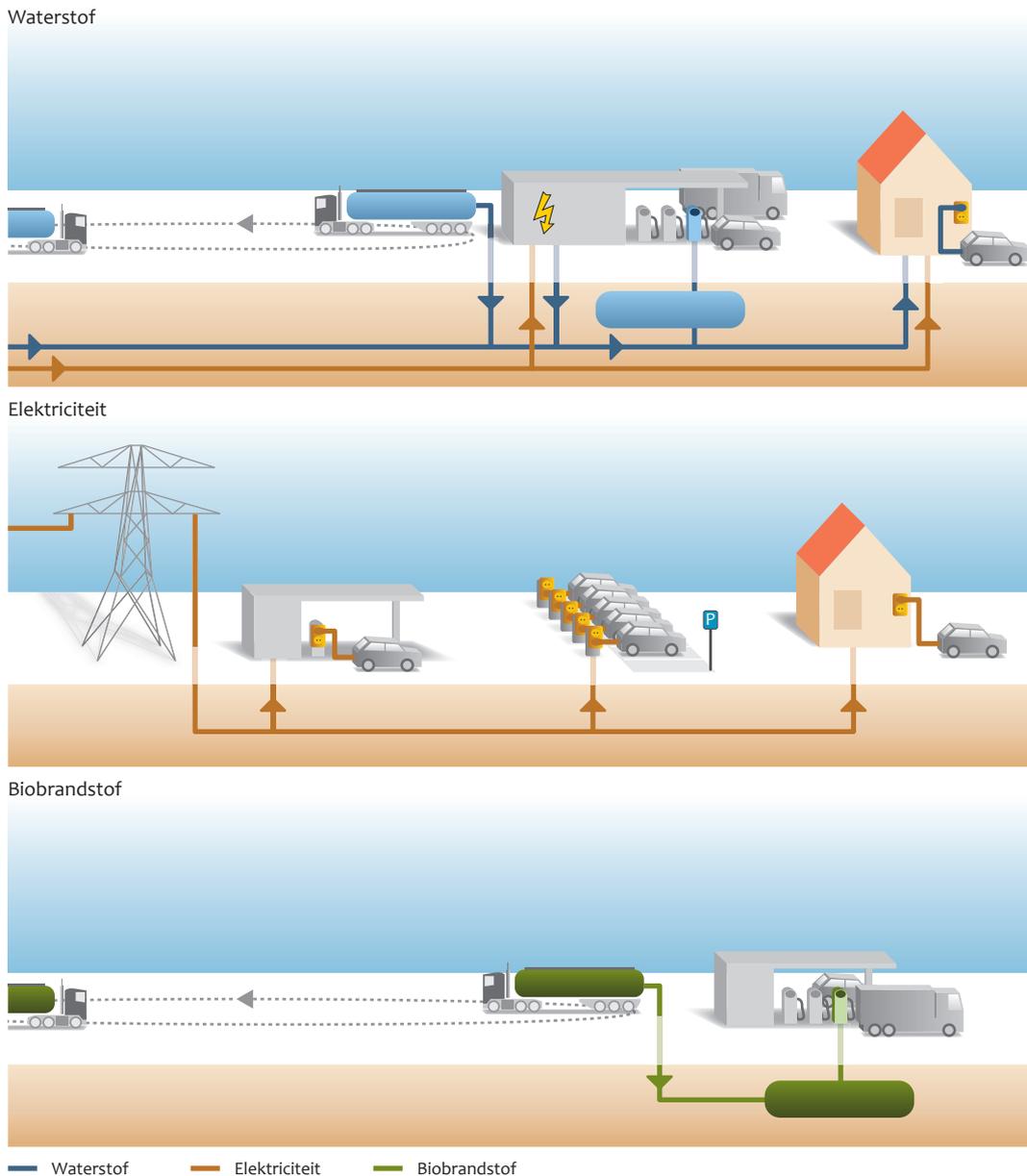
Uitgaande van conventionele auto's tot 2020 moet het Rijk op een andere manier een lagere uitstoot bereiken. Daarom stimuleert de rijksoverheid consumenten met meer of minder dwingende maatregelen om minder brandstof te gebruiken. Een van de meer vrijblijvende maatregelen is de voorlichtingscampagne voor het Nieuwe Rijden. Deze campagne, over rijstijlen waarbij de chauffeur minder brandstof gebruikt, geeft tips, maar biedt geen verplichtend kader. Dwingender is de kilometerheffing; deze heffing moet de automobilist motiveren op een andere tijd, via een andere route of met een ander vervoermiddel te reizen. De kilometerheffing heeft niet alleen een lager energieverbruik als doel, maar ook een betere bereikbaarheid. Ook regels voor banden die beter doorrollen kunnen behoorlijk bijdragen aan de CO<sub>2</sub>-reductie.

Op de langere termijn, richting 2050, zal ook het aandrijfsysteem van voertuigen veranderen, maar de uitkomst daarvan valt nog niet te voorspellen. De kanshebbers zijn (Nagelhout et al. 2009): auto's op biobrandstof, auto's op waterstof, hybride auto's (auto's met zowel een elektrische motor als een verbrandingsmotor op biobrandstof) en elektrische auto's (die meer op een specifiek gebruik zullen zijn toegepast). Van al deze technieken zijn nu al bij verschillende fabrikanten voorbeelden voor personenvervoer en voor vrachtvervoer bekend.

In 2050 is in heel Europa slechts een beperkte hoeveelheid biobrandstof beschikbaar. Omdat voor de mobiliteitsectoren lucht- en zeevaart minder alternatieven voor de aandrijving beschikbaar zijn, is het niet wenselijk dat het personen- en vrachtvervoer over korte afstanden in 2050 nog afhankelijk van biobrandstof is (PBL 2009a). Mogelijk zijn daarom andere distributiesystemen vereist, waarbij met de kortere actieradius van elektrisch verkeer rekening wordt gehouden.

## 5.1 Benodigde maatregelen

Qua energiematregelen in mobiliteit kan onderscheid worden gemaakt tussen maatregelen in het gedrag (minder ritten maken, de rit met een schoner vervoermiddel maken en het rijgedrag tijdens de rit) en maatregelen in de aandrijving en de distributie van energie (een diversificatie van bronnen in de komende tien jaar: naast benzines met biobrandstof de intrede van elektriciteit en waterstof).



De productie en distributie van biobrandstof lijkt ruimtelijk op die van conventionele brandstof. De productie van conventionele brandstof is een grootschalige, centrale aangelegenheid: de petrochemie, waarvoor de grondstoffen over grote afstanden worden aangevoerd. De brandstof vindt zijn weg naar de afnemers via een centraal distributiesysteem: de pompstations.

Een deel van de brandstof die nu wordt getankt, is al biobrandstof. Deze biobrandstof van de zogenoemde eerste generatie is samengesteld uit vruchten die worden uitgeperst. De olie die daarbij vrijkomt, kan tot biodiesel worden verwerkt. Een ander procedé zet delen van planten om in ethanol-biobenzine. De omzetting van biobrandstof van deze eerste generatie kan in relatief kleine fabrieken plaatsvinden. Dit geldt echter niet voor de biobrandstof van de tweede generatie, waarvoor de hele plant wordt gebruikt. De omzetting hiervan gebeurt in het zogenoemde Fischer-Tropschprocedé. Dit is een

zeer grootschalig industrieel proces, dat vergelijkbaar is met de huidige petrochemische installaties in Rotterdam.

Wanneer de aandrijving van auto's naar waterstof of elektriciteit overgaat, verandert de keten op een ingrijpender manier. Waterstof en elektriciteit zijn immers beide geen bron van energie, maar slechts een drager. Wil er van verduurzaming sprake zijn, dan moet de achterliggende bron dus zuiniger of zelfs helemaal duurzaam worden.

Voor de productie van waterstof zijn verschillende varianten bekend, die niet allemaal even rijp, efficiënt of commercieel toepasbaar zijn: 'reforming' van gassen zoals aardgas, vergassing van steenkool, biologische productie uit algen, elektrolyse (met ook een duurzame elektriciteitsbron), thermochemische productie en fotokatalytische productie. Momenteel wordt de meeste waterstof uit aardgas in grootschalige 'steam reformers' geproduceerd (Heidebrink 2009).

Voor onze vraagstelling volstaat de waarneming dat de productie zowel centraal grootschalig als decentraal kleinschalig mogelijk is, dus zowel in industriële processen als thuis of bij het pompstation.

Ook voor de distributie van waterstof zijn verschillende varianten bekend, vanuit zowel centrale als decentrale productie. In het geval van centrale productie van waterstof zijn er verschillende opties voor de distributie. Gasvormig kan het, gecompriemd, in gascilinders per vrachtauto en via een pijpleiding worden gedistribueerd. In vloeibare vorm is het eveneens per vrachtauto te distribueren. TNO stelt dat centrale productie en vloeibaar transporteren van waterstof, onder andere op grond van economische rentabiliteit, voor Nederland het meest voor de hand ligt (Heidebrink 2009). Bij een voorspoedige ontwikkeling van de waterstofoptie zou in 2030 mogelijk behoefte ontstaan aan een pijplijninfrastructuur voor waterstof. Productie bij het pompstation ligt volgens TNO niet voor de hand, gezien een te beperkte capaciteit in verhouding tot de dagelijkse vraag.

Decentrale productie met behulp van elektrolyse bij de consumenten thuis of in de auto zelf is door TNO niet bekeken, hoewel dat technisch gezien wel een optie is (Uyterlinde et al. 2009; Nagelhout et al. 2009). Ook de optie om decentraal aardgas in waterstofgas om te zetten, is niet meegenomen. Met deze techniek zouden de energiebedrijven ook bij een transitie naar waterstof een brandstofleverancier voor personenverkeer kunnen worden.

Voor de distributie van elektriciteit voor elektrische auto's zijn minder opties beschikbaar. Batterijen kunnen in de auto worden opgeladen, maar het is ook mogelijk een lege batterij voor een volle te wisselen. Opladen is nu al op veel plekken mogelijk. Het zou thuis of op het werk kunnen, maar ook onderweg. De actieradius en de oplaadtijd zijn in dit geval van belang: tijdens de rit moet niet te vaak voor lange oplaadtijden worden gestopt. Voor batterijwisseling is een infrastructuur van 'wisselstations' nodig.

## 5.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren

Bij de transitie naar een duurzame aandrijving van auto's zijn de voorkeuren van de consument cruciaal. De overheid kan deze beïnvloeden door in infrastructuur te voorzien, door financiële prikkels en door regelgeving. Bij deze transitie staat voor de energiebedrijven veel op het spel.

### 5.2.1 De consument

Welk aandrijfsysteem de consument kiest, hangt af van persoonlijke voorkeuren en de aanschafprijs, maar ook van het gemak van tanken of opladen en van de actieradius van de auto (bron: de elektrische auto). De beschikbaarheid van voorzieningen als pompstations en oplaadpunten zijn belangrijk voor het gemak waarmee consumenten hun voertuig kunnen gebruiken. Een gemiddelde reis per auto is een soloreis van enkele tientallen kilometers lang. Van alle kilometers wordt slechts een gering percentage met passagiers of over grotere afstanden gereden (meestal voor recreatieve of sociale doeleinden). Voor de gemiddelde consument zou een beperkte actieradius van elektrische voertuigen dus geen

bezwaar moeten zijn. Echter, de vrijheid om met hetzelfde voertuig voor een korte en een lange rit te kunnen kiezen, maakt deel uit van het gemak.

De wens om het huidige gedrag en de technische kwalificaties te combineren, leidt tot andere arrangementen voor auto- of batterijbezit. Nu al wordt de batterij buiten de verkoop van de auto gelaten. Aanbieders van elektrische auto's bieden de batterij in leasecontracten aan. Daarnaast is het denkbaar dat er meer passende voertuigen voor verschillende soorten ritten worden aangeboden. Dat kan een uitbreiding van het wagenpark betekenen, in eigen bezit of in de huur- en leasemarkt. Consumenten beschikken dan over verschillende voertuigen, passend bij de gewenste rit (een of meer personen, korte of lange afstanden, veel of weinig bagage).

### 5.2.2 De overheid

De Europese en nationale overheden stellen regels voor fabrikanten vast. Daarnaast kan de rijksoverheid met financiële prikkels de consument naar schonere mobiliteit laten overschakelen. De invoering van variabele kilometerheffing is hiervoor een nieuw alternatief. Met de infrastructuur die voor de kilometerheffing nodig is, kan ook onderscheid in autotype en verbruik worden gemaakt. Zo kan met variabele tarieven worden gerekend.

Hoewel de rijksoverheid de spelregels stelt, kunnen lager overheden veel aan de transitie van de aandrijving doen. Een eerste manier is het aanbieden van voorzieningen. Sommige steden bieden al elektrische oplaadpunten aan. Het is mede aan lokale overheden deze infrastructuur samen met de energiebedrijven uit te rollen. Nog zo'n voorziening is het recyclesysteem voor de lithiumbatterij. Hierbij zou de gemeentelijke milieudienst een rol kunnen spelen.

Een tweede manier waarop de lagere overheid invloed op de aandrijving kan hebben, is via het lokale milieu- en verkeersbeleid. Gemeenten zouden bijvoorbeeld via strengere milieuzonering in stedelijk gebied schoner aangedreven voertuigen kunnen bevoordelen. Zo is in een dozijn Duitse steden, waaronder Berlijn, Oberhausen en Stuttgart, het centrum alleen toegankelijk met een milieuvignet (*Umweltplakette*) voor een lage uitstoot. Zo'n zonering komt ook ten goede aan de ruimtelijke ontwikkelingsvisies op binnensteden (Van de Wardt 2009). De milieunormen voor luchtkwaliteit en geluidhinder worden vooral in binnensteden overschreden. In sommige gevallen vormt dit een belemmering voor de ruimtelijke ontwikkeling. Een versnelde transitie naar elektrisch rijden zal de milieukwaliteit van de binnenstad sterk verbeteren. Dit zou aanleiding kunnen zijn het thema energie expliciet op te nemen in stedelijke verkeer- en parkeervisies.

### 5.2.3 Petrochemie of energiebedrijven?

Met de overgang naar een ander aandrijfsysteem zijn grote belangen van energiebedrijven gemoeid. De petrochemie was de leverancier en distributeur van energie voor mobiliteit, maar de energiebedrijven komen nu ook deze markt op. Hun spreidingspatroon en businessmodel ziet er heel anders uit. Het uitgebreide netwerk in steden van elektriciteit- en gasleveranciers biedt hun mogelijk een voor-sprong in het ontsluiten van energiedistributie voor nieuwe voertuigen.

De energiebedrijven beschikken over een uitgebreid aardgasnetwerk, waarop de meeste Nederlandse huishoudens zijn aangesloten. Een kleine installatie, een 'reformer', kan aardgas in waterstofgas omzetten. Daarmee zouden de energiebedrijven in de toekomst brandstof voor personenverkeer aan huis kunnen leveren. Elektriciteits- en gasleveranciers kunnen de energiemarkt voor automobilititeit betreden en de petrochemische brandstofleveranciers met pompen aan de snelweg beconcurreren.

### 5.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen

#### 5.3.1 Directe effecten

De ruimtelijke effecten van biobrandstof binnen Nederland zijn gering. Voor wat betreft productie, distributie en gebruik lijkt biobrandstof op conventionele benzines. Wel zijn er zorgen over de productie van biobrandstof in landen als Indonesië en Maleisië, waar de grootschalige teelt van energiegewassen tot grote negatieve effecten op de biodiversiteit kan leiden.

Belangrijker voor de ruimtelijke ordening in Nederland lijken de effecten van nieuwe aandrijfsystemen op de lange termijn. Denk daarbij aan de spreiding en het aanzien van oplaadpunten, microsteamreformers, stopcontactparkeerpaaltjes en batterijwisselstations. In deze technieken liggen mogelijk nog ruimtelijke knelpunten, bijvoorbeeld in de vorm van milieuregels, maar die lijken mee te vallen. Rond opslagtanks van waterstof bijvoorbeeld moeten vanwege de veiligheid risicocontouren worden aangehouden. Bij het transport van waterstof over de weg moet rekening worden gehouden met knelpunten bij vervoer door binnensteden of tunnels. Hoewel TNO benadrukt dat er nog geen eenduidig beeld bestaat, lijkt er op dit moment 'voldoende bekend te zijn over de veiligheid van waterstof om te concluderen dat de externe veiligheidsaspecten geen belemmering zijn om op dit moment door te gaan met de introductie van waterstof als transportbrandstof' (Heidebrink 2009).

#### 5.3.2 Indirecte effecten

De ruimtelijke effecten van de kilometerheffing zijn al vaak onderzocht en blijken beperkt (Hilbers et al. 2007; 2009). Weliswaar treden er op korte termijn verbeteringen op in congestieafname, minder benodigde wegwitbreidingen en toename van bereikbaarheid, maar het zal langer duren voordat ook de ruimtelijke structuur van mobiliteit verandert. Op korte termijn zullen automobilisten namelijk uitwijkgedrag vertonen door andere wegen of andere tijdstippen te kiezen. Pas op langere termijn is een structurerend effect te verwachten doordat mensen dichterbij hun werk gaan wonen of dichterbij hun huis gaan werken. Dan nog zal het echter de vraag zijn of dit relevante verschuivingen in de ruimtelijke structuur oplevert. Omgekeerd lijkt ook de strategie om mobiliteit via ruimtelijke ordening te reduceren, voor het energiedossier niet veel op te leveren (Hilbers et al. 2009). Zelfs wanneer er radicaal aan concepten als de compacte stad wordt gewerkt, is er weinig verschuiving weg van de auto zichtbaar. Met deze strategie treedt zelfs een onbedoeld bijeffect op: er worden extra reizen per openbaar vervoer gemaakt.

Ook elektrisch rijden kent een aantal beperkte indirecte ruimtelijke effecten. Om te beginnen is er een aanleiding om

het stedelijk verkeerssysteem opnieuw vanuit energietransitie te bezien. Zo zijn de activiteiten parkeren en 'tanken' in de toekomst mogelijk aan elkaar gekoppeld, waar dat nu nog op twee verschillende plekken gebeurt. Consumenten hebben vaak de nadrukkelijke wens bij huis te parkeren, maar in een stedelijke omgeving zal dat niet altijd mogelijk zijn. Centraal parkeren bij een oplaadpunt in de straat is een van de alternatieven. Dit probleem vraagt op de lange termijn om een andere inrichting van parkeren in de buurt.

Het principe van parkeren in de buurt kan worden ingezet om het elektrisch rijden te stimuleren. In bijvoorbeeld de Britse steden Camden, Westminster en Londen beschikken elektrische auto's over gereserveerde plekken met korting in parkeergarages en een aansluiting om op te laden. Bevoordeling van elektrische voertuigen kan ook op andere manieren, bijvoorbeeld door een gereserveerde laan met hogere doorstroming of door selectieve toegang tot de stad met een milieuzonering.

Daarnaast kunnen stedelijke distributiesystemen veranderen. Mogelijk moet de stedelijke goederendistributie (zoals de bevoorrading van winkels) naar elektrische aandrijving over. Elektrisch vrachtverkeer heeft een korter bereik dan dieselvrachtwagens. Daardoor verandert mogelijk ook de opzet van logistieke centra rond de steden.

### 5.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van de ruimtelijke ordening

De kaders van de ruimtelijke ordening zijn geen belangrijke factor in de mogelijkheden voor de mobiliteitstransitie. Wel vormen de risico's van de distributie van waterstof als brandstof een aandachtspunt. Waarschijnlijk is het externe veiligheidsbeleid voldoende om met die risico's om te gaan. De risico's van waterstofinstallaties zijn op basis van de huidige inzichten kleiner dan van lpg-installaties (Heidebrink 2009).

De belangrijkste belemmering voor de vervanging van conventionele brandstof door duurzame aandrijving ligt niet in de ruimtelijke ordening, maar heeft wel ruimtelijke kenmerken. De consument heeft namelijk geen volledig vrije keuze om zijn reisgedrag of zelfs zijn vervoermiddel aan te passen. Dit komt doordat de consument aan één voertuig voor alle afstanden en doelen gewend is en zijn dagelijkse routine en woonplaatskeuze hierop heeft afgestemd.

### 5.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

Het lijkt mogelijk de transitie in aandrijfsystemen vanuit een ruimtelijke visie actief te ondersteunen (Dassen et al. te verschijnen). De gemeentelijke overheid kan bijvoorbeeld voor milieuzonering ten gunste van schoner rijden zorgen of autoverhuurders met een elektrisch wagenpark vaste plaatsen aanbieden. Voorbeelden van dit soort ruimtelijke kaders zijn bekend in de praktijk van Rotterdam en Amsterdam. Daarnaast is het mogelijk via de ruimtelijke inrichting op een laag niveau veranderingen in het rijgedrag te

ondersteunen. Het lokaal ontwerp van wijken en wegen heeft invloed op de voertuigkeuze en rijsnelheid. Momenteel wordt bijvoorbeeld in Rotterdam overwogen om in de opwaardering van de Coolingsingel de elektrische auto een eigen baan te geven.

Andersom kunnen de maatregelen voor Schoon en Zuinig de ruimtelijke planvorming vergemakkelijken. Luchtkwaliteit en de ruimtelijke ordening zijn aan elkaar verbonden: waar niet aan de luchtkwaliteit wordt voldaan, kan niet worden gebouwd (Van de Wardt 2009). Aanpassingen in de mobiliteit, bijvoorbeeld met elektrische bussen, een verbetering van de doorstroom van het autoverkeer in de binnenstad en tarifiering van rijden in de stad, leveren een betere lokale luchtkwaliteit en mogelijk een betere inrichting op.



# 6

## Biomassa

Voor een bijdrage van ruimtelijke ordening aan de inzet van biomassa zijn er diverse mogelijkheden, bijvoorbeeld:

- meer aandacht voor biomassa als inrichtingselement in structuurvisies, combinaties van energieteelt met andere ruimtelijke functies,
- een regionale inventarisatie voor cascadering: welke reststoffen circuleren in de regio?,
- een regionaal plan voor de clustering van bronnen en afnemers en afstemming transport van biomassa inclusief de infrastructuur voor biogas,
- anticipatie op grotere installaties voor covergisting en andere decentrale installaties in het landschappelijk beeld.

Biomassa vervangt de elektriciteit en warmte uit fossiele bronnen door verbranding in energiecentrales en in afvalverbrandingsinstallaties. Uit de verbranding van biomassa in centrales wordt elektriciteit en warmte gewonnen. Doordat biomassa in principe eindeloos produceerbaar is, telt zij als een duurzame bron mee voor de energiedoelen. Daarnaast draagt de inzet van biomassa bij aan broeikasgasemissie. Per saldo wordt bij de verbranding van geteelde biomassa namelijk minder CO<sub>2</sub> uitgestoten dan bij de verbranding van fossiele brandstof. De verbranding van biomassa in de vorm van afval voorkomt bovendien broeikasgassen door langzame vergisting op afvalstortplaatsen.

Daarnaast levert biomassa een emissiereductie door cascadering. Cascadering betekent dat het moment waarop biomassa wordt verbrand, zo ver mogelijk wordt uitgesteld (Boosten & De Wilt 2006). Eerst wordt biomassa zo veel mogelijk gebruikt voor productieprocessen van de voedingsmiddelenindustrie, de diervoedselindustrie en de chemische industrie.

Biomassa zal zo een belangrijke bijdrage leveren aan de doestelling van duurzame energie van Schoon en Zuinig in 2020, maar tegelijkertijd is biomassa als duurzame energiebron omstreden. Dit heeft te maken met twijfels over de totale CO<sub>2</sub>-reductie gemeten over de hele keten en met het ruimtegebruik van teelt van gewassen voor energie ten koste van landbouwgrond en natuur (Bindraban 2009; Lysen & Van Egmond 2009). Essentieel voor de ontwikkeling op dit gebied zijn dan ook de afspraken die in nationaal en internationaal verband worden gemaakt over de definitie van duurzaamheid in de certificering van kenmerken van biomassa (zie de paragraaf over de afwegingen van actoren).

De technieken voor het gebruik van biomassa blijven zich ontwikkelen, bijvoorbeeld in het rendement van verbranding

(Menkveld 2004) en in de efficiëntie van transportsystemen ([www.bioliq.com](http://www.bioliq.com)). Op de lange termijn is de inzet van biomassa misschien mogelijk in combinatie met CCS (zie het volgende hoofdstuk). Als dat lukt, biedt biomassa een mogelijkheid CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer te onttrekken en zo de concentratie broeikasgassen te verlagen (PBL 2009a).

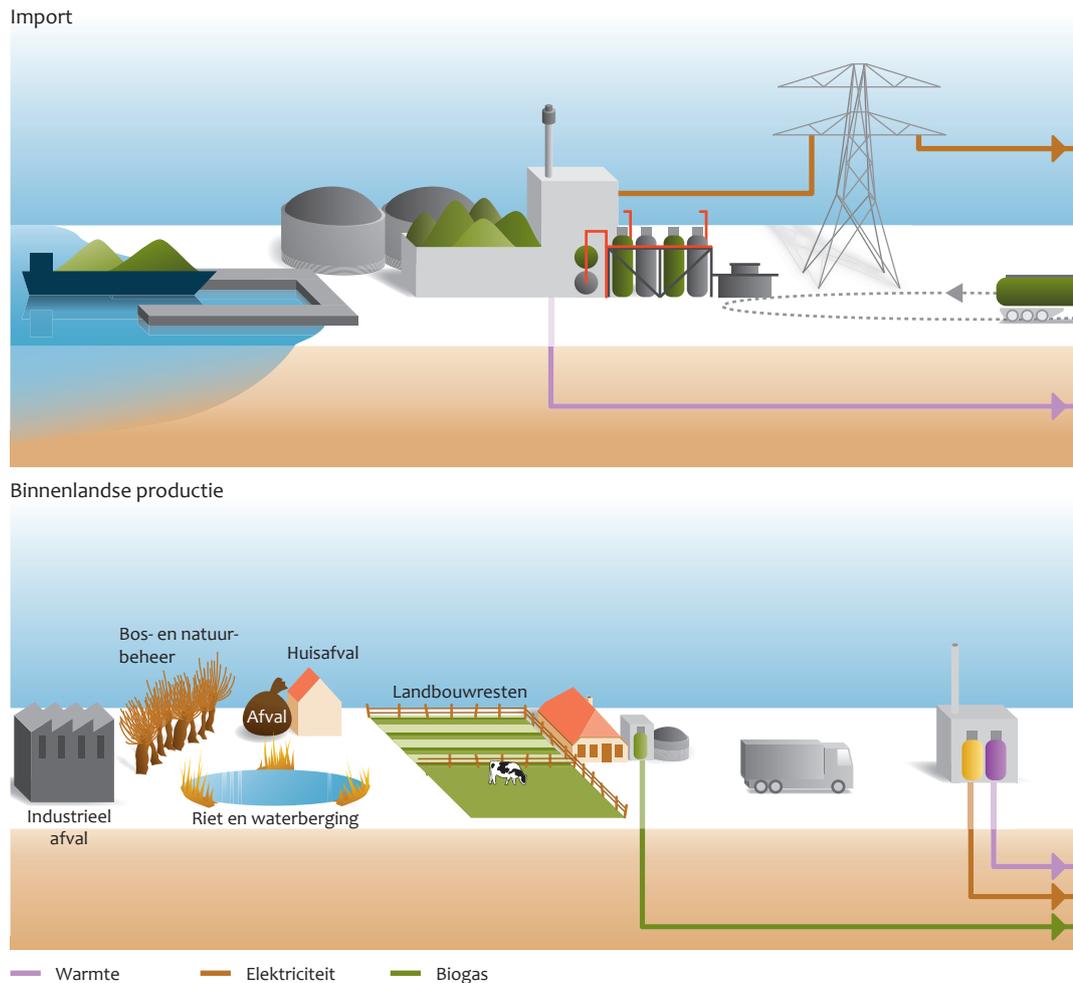
### 6.1 Benodigde maatregelen

De ruimtelijke keten van biomassa kent veel verschillende stromen. Een eerste onderscheid kan naar land van herkomst worden gemaakt: er is een stroom waarbij de biomassa wordt geïmporteerd en er is een stroom waarbij de biomassa uit Nederland komt (zie figuur 6.1).

Het grootste deel van de importstroom komt van overzee in een Nederlandse haven aan, meestal Rotterdam. Het gaat hierbij om plantaardige oliën, agroresiduen, houtpellets, overige houtstromen en overige producten zoals diersoep en papierslib (Koppejan & De Boer-Meulman 2005). In de haven gaat de biomassa direct naar de centrale of het gaat met een binnenvaartschip naar een centrale verderop. De omzetting van de biomassa vindt plaats in grootschalige elektriciteitscentrales. Dat kan op drie manieren: door biomassa in kolencentrales bij te stoken, door vergassing van de biomassa mee te stoken en vervolgens in een gascentrale om te zetten en door uitsluitend biomassa om te zetten ('stand alone'). Een biomassaverbrandingsinstallatie (of bio-energiecentrale) kent schaalgroottes van 10-50 MW<sub>e</sub> (SenterNovem 2008a). De opbrengst uit de omzetting is elektriciteit en warmte. De opgeleverde stroom wordt via het elektriciteitsnetwerk gedistribueerd. De warmte wordt geloosd of bijvoorbeeld via stadsverwarming bij de afnemer gebracht.

De binnenlandse bronnen voor biomassa zijn heel divers (Koppejan & De Boer-Meulman 2005; interviews Mark Londo, Bas Eickhout). Men denkt bij biomassa vaak aan gewassen die speciaal voor energie zijn geteeld, zoals koolzaad, maar in Nederland zijn verreweg de belangrijkste bronnen voor biomassa afvalproducten zoals:

- houtachtige massa uit bosbeheer, houtverwerkende industrie en gebruikt hout,
- afval van agrarische bedrijven, zoals stro, schillen, beschadigde aardappelen en mest,
- afval van het beheer van het openbaar groen,



- afval van de voedings- en genotmiddelenindustrie en uit keukens, zoals wort, frituurvet, diervoer en slachtafval,
- huishoudelijk afval, zoals groente-, fruit- en tuinafval, oud papier en restafval,
- residuen van waterzuivering (rioolwater, afvalwaterzuivering).

De omzetting van al deze materialen gebeurt op veel verschillende plaatsen, met verschillende technieken. Energiecentrales en afvalverbrandingsinstallaties verbranden droge biomassa knip-, snoei- en afvalhout en leveren elektriciteit. Vergistingsinstallaties verwerken natte biomassa als mest, organisch afval, afvalwater of groente-, fruit- en tuinafval tot gas. Na vergisting ontstaat biogas waarvan ofwel groen gas (biogas van aardgaskwaliteit) of alsnog elektriciteit kan worden gemaakt. Vergisters hebben een schaalgrootte van doorgaans 1-2 MW<sub>e</sub>. Houtkachels en open haarden bij bedrijven en particulieren zetten door middel van verbranding hout in warmte om. De energieopbrengst in de vorm van warmte, elektriciteit of gas is voor eigen gebruik of wordt aan het netwerk geleverd.

## 6.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren

De inzet van biomassa moet worden gezien in de context van de mondiale stromen van energiedragers, agroproducten en agroafval. De prijs en beschikbaarheid van biomassa zijn aan schommelingen op al die markten onderhevig. Agroproducten en agroafval worden vaak voor andere doeleinden gebruikt dan voor de opwekking van energie (Koppejan & De Boer-Meulman 2005). Houtsnippers zijn ook een grondstof voor spaanplaten, stro is ook een bodemverbeteraar, agrarisch afval is ook veevoer en karton komt ook voor recycling in aanmerking. De prijs die de andere sectoren dan de energiemarkt voor biomassa bieden, hebben invloed op het aanbod van biomassa voor energieopwekking. Daartegenover beïnvloedt de marktprijs van olie, gas en alternatieve duurzame energiebronnen de vraag naar biomassa.

### 6.2.1 Overheid

Net als bij andere duurzame energiebronnen beïnvloedt het stelsel van overheidssubsidiëring in sterke mate de markt voor biomassa. Het gaat hierbij om subsidies voor het verbouwen van de gewassen en om subsidies voor duurzaam opgewekte elektriciteit. Niet alleen de hoogte van de subsidie is van belang, maar ook de bijbehorende definitie van wat tot duurzaam mag worden gerekend.

De verdere ontwikkeling van bio-energie zal mede worden bepaald door de eisen die aan duurzaamheid worden gesteld. De commissie Cramer stelt duurzaamheidscriteria voor (Projectgroep Duurzame productie biomassa 2007). Ook in Europees verband wordt aan een richtlijnvoorstel voor duurzame energie uit biomassa gewerkt (SenterNovem 2008a).

Daarnaast is het rijksbeleid voor afvalbeheer relevant voor biomassa, omdat een belangrijk gedeelte van biomassa uit afvalproducten bestaat. De overheid stelt een voorkeursvolgorde voor afvalbeheer vast. In deze afvalhiërarchie gaan hergebruik en energieteugwinning vóór verbranding ter verwijdering of afvalstort (VROM 2009).

### 6.2.2 Aanbieders van biomassa

De monoteelt van energiegewassen zal in hoofdzaak buiten Nederland en waarschijnlijk deels buiten Europa plaatsvinden. De import van energiegewassen is energetisch en economisch aantrekkelijker dan de inzet van binnenlandse biomassa uit energieteelt (Wiersma & Van den Berg 2004). De teelt van biomassa is in het buitenland goedkoper. Bovendien hebben in het buitenland geteelde gewassen door de andere klimaatomstandigheden een hogere energiewaarde.

In Nederland zelf zal slechts een beperkt areaal voor de monoteelt van energiegewassen beschikbaar zijn (Annevelink et al. 2006; interview Bas Eickhout). In vergelijking met andere landen is het in Nederland namelijk moeilijk energieteelt in de vorm van monoteelt te bedrijven (Wiersma & Van den Berg 2004). De grond in Nederland wordt al intensief gebruikt en er zijn diverse ontwikkelingen die in de komende decennia een claim op landbouwgronden leggen, zoals woningbouw, infrastructuur, recreatie, natuur en waterberging. Biomassa is als grondstof voor energie goedkoop vergeleken met andere agrarische eindproducten (website AgriHolland; Janssens et al. 2005).

Reststromen, zoals agroresiduen, slachtafval en houtsnippers, zijn in Nederland wel haalbaar als commerciële bron voor biomassa (Wiersma & Van den Berg 2004). De aanbieders van reststromen, zoals agrariërs, voedselbedrijven en de houtindustrie, beslissen op grond van verschillende overwegingen om hun biomassa voor energiedoeleinden in te zetten. Belangrijk is de vraag welk gebruik ze er anders van kunnen maken.

De transportkosten van Nederlandse biomassa zijn door hun lage energiedichtheid, diversiteit en spreiding erg hoog. Het verzamelen van biomassa bij de zeer diverse bronnen en het bewaren en transporteren van soms bederfelijke waar, vergt betrokkenheid van logistieke partijen met een fijnmazig lokaal netwerk en ervaring in de verwerking van reststromen (Boosten & De Wilt 2006). De kleinschaligheid van deze stromen en de complexiteit van de logistiek vormt al snel een belemmering (Wiersma & Van den Berg 2004). De afstanden tussen aanbieders en afnemers moeten daarom beperkt blijven.

In de toekomst komen er misschien nog binnenlandse bronnen voor biomassa bij. Het beheer van landschappen en van stedelijk groen kan een bron van reststromen zijn. De opkomst van andere vormen van landschapsbeheer, zoals

agrarisch natuurbeheer en waterberging, zorgen wellicht voor een grotere stroom gras en houtige reststromen (Annevelink et al. 2006). Daarnaast verwacht men op termijn de inzet van geteelde aquatische biomassa, maar die is nog experimenteel (Montfort).

### 6.2.3 Afnemers van biomassa

De afnemers van centraal omgezette biomassa handelen niet wezenlijk anders dan de afnemers van conventionele centrales. De decentrale omzetting van biomassa naar warmte gebeurt vooral door individuele huishoudens en bedrijven. De techniek die hiervoor wordt toegepast is vaak een warmtekraftkoppeling; dit is een techniek waarbij zowel elektriciteit als warmte wordt gewonnen. Vooral agrariërs zetten biomassa decentraal naar gas om. Het gaat dan om hun eigen mest- en restproducten, die ze met behulp van (co-)vergisting omzetten. Ook de rioolwaterzuiveringsinstallaties zullen in de toekomst biomassa naar gas omzetten.

Stroomproducenten die biomassa afnemen, hebben niet alleen met doelstellingen voor energie, maar ook met milieueisen aan de emissie te maken (SenterNovem 2008a). Zij zien daarom van sommige vormen van lokale biomassa af, bijvoorbeeld afvalhout. Hun voorkeur gaat uit naar schone (veelal geïmporteerde) agroresiduen en houtpellets, waarmee ze de emissie-eisen wel halen.

## 6.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen

In Nederland hebben de importstroom van biomassa en de binnenlandse stroom beide slechts beperkte directe ruimtelijke effecten. De effecten van de importstroom treden immers in het buitenland op en voor wat betreft de binnenlandse stroom valt geen grootschalige monoteelt van energiegewassen in Nederland te verwachten. De belangrijkste effecten zijn clustereffecten, te weten de voordelen die kunnen worden behaald uit de ruimtelijke nabijheid van verschillende schakels in de keten van productie, afname en hergebruik van biomassa (cascadering, zie hieronder). Lokale biomassa kan bovendien een impuls aan een nieuw soort gebiedsinrichting geven, waarin het met andere marginale activiteiten wordt gecombineerd.

### 6.3.1 Importstroom

Het ruimtegebruik van biomassa is in het buitenland soms een probleem. Brazilië, Indonesië en enkele Europese landen zijn de belangrijkste producerende landen (Rienks 2009). In de landen buiten Europa verdringt de teelt van biomassa op ingrijpende wijze andere functies, zoals natuur en voedselteelt. Binnen Europa zijn daar meer regels voor. Deze verdringingseffecten zijn zo omvangrijk dat het tot wereldwijde kritiek op biomassa als 'duurzaam' alternatief heeft geleid (Lysen & Van Egmond 2008).

Wanneer de biomassa eenmaal naar een Nederlandse haven is verscheept, zijn de ruimtelijke effecten van dit deel van de keten beperkt. Grootschalige energiecentrales voor bijstook, meestook of 'stand alone' liggen doorgaans immers in de buurt van zeehavens. De overslag van biomassa en de opslag bij de centrales vergen relatief beperkt ruimtebeslag (Sijmons 2008).

De omvang van het directe ruimtegebruik hangt van de soort omzetting af. De inzet van biomassa voor bij- of meestook of voor omzetting naar tweedegeneratiebiodiesel (Fischer Tropsch) vergt grootschalige installaties. Bij de omzetting naar eerstegeneratiebiobrandstof gaat het om kleinere installaties.

Vanuit een zeehaven wordt de biomassa direct door een energiebedrijf in het havengebied verwerkt of naar land-inwaarts gelegen centrales verscheept. Volgens het onderzoek *Nederland als mainport voor biomassa* (Boosten & De Wilt 2006) zou de centrale positie van Rotterdam als overslaghaven ook een belangrijk clustereffect kunnen hebben. Clustering van industriële activiteiten die biomassa als grondstof gebruiken, zou de *cascadering* van biomassaverwerking kunnen ondersteunen. Cascadering is het ‘getrapt’ gebruik van grondstoffen, waarbij het afvalproduct van het ene gebruik wordt ingezet als de grondstof voor het volgende gebruik. Door clustering van activiteiten worden kosten van transport en waardevermindering van bederfelijke producten verminderd. Naast fysieke nabijheid wordt clustervorming ondersteund door het opzetten van handelsondersteunende activiteiten als een biomassagrondstofbeurs. Op deze manier fungeert biomassa als een nieuw element in visies op de ontwikkeling van havengebieden waar plek is voor bulkopslag of waar biomassaverwerkende industrie is gevestigd. Het groene imago kan hierbij extra bijdragen (Ecorys 2006).

### 6.3.2 Lokale biomassa

Wat betreft het directe ruimtegebruik van lokale biomassa is het nodig onderscheid te maken tussen biomassa van afval en biomassa van gewassen die met het oog op energiewinning zijn aangeplant. In het eerste geval is niet veel extra ruimtegebruik noodzakelijk. Het gaat dan immers niet zozeer om andere inrichting van de ruimte, als wel om een ander beheer. Bijvoorbeeld doordat Staatsbosbeheer, gemeenten en particuliere eigenaren het beheersafval uit Nederlandse bossen, parken, plantsoenen en bermen voor energieopwekking inzetten (Kuiper & De Lint 2008).

Doordat de teelt van energiegewassen een marginale agrarische activiteit is, bepalen diverse ruimtelijke factoren het succes van de exploitatie. Deze factoren hebben te maken met de geschiktheid van het gebied voor teelt van energiegewassen (bodem, water, ongeschiktheid voor andere voedselgewassen) en met de mogelijkheid om naast de energieteelt andere inkomsten te genereren. Verschillende studies laten zien dat op een beperkt aantal locaties in Nederland wel degelijk combinaties zijn te vinden waar energieteelt rendabel kan zijn (bijvoorbeeld Kuhlman 2005).

Ook het directe ruimtegebruik bij de afnemer is relatief beperkt. Wel kan de optelsom van een grotere inzet van installaties voor de omzetting van biomassa tot warmte, elektriciteit en gas op agrarische bedrijven, rioolwaterzuiveringsinstallaties, vuilstortplaatsen en bedrijventerreinen het aanzien van het landschap doen veranderen. De installaties zijn vaak omvangrijk: kleinschalige biomassacentrales op een boerenbedrijf zijn gemiddeld drie verdiepingen hoog en hebben het oppervlak van een ruime stal; vergistingsinstallaties zijn ongeveer twee verdiepingen hoog en zijn qua omvang vergelijkbaar met voedersilo's (SenterNovem 2008b).

Lokale biomassa kent ook indirecte effecten. De negatieve liggen vooral bij de afnemer en betreffen eventuele stankoverlast bij vergisting. Voor vergistingsinstallaties moet dan ook een milieuvergunning voor worden aangevraagd (Koppejan & De Boer-Meulman 2005).

Lokale biomassa kent daarnaast twee belangrijke positieve indirecte effecten. Het eerste, bij de bron, is dat energieteelt rendabel zou kunnen worden wanneer het met andere functies wordt gecombineerd. Denk daarbij aan baggerreiniging, recreatie, de ecologische hoofdstructuur, waterwingebieden enzovoort (Elbersen 2004; Van Kann 2009). Het tweede positieve indirecte effect is een gevolg van de beperkingen om biomassa te vervoeren. Veel van de biomassa die van Nederlandse bodem komt, is relatief energie-extensief. De transportkosten ervan wegen daardoor al snel niet meer op tegen de opbrengsten. Transport over meer dan 100 tot 200 kilometer over de weg is niet lonend (Koppejan & De Boer-Meulman 2005). ‘Centrale verwerking van in Nederland geproduceerde biomassa is kostentechnisch geen optie, maar deze zal verwerkt worden in een netwerk van kleinschalige energieproducenten’ (Boosten & De Wilt 2006: 47). Het ontstaan van een dergelijk netwerk zou een voorbeeld zijn van een positief indirect effect van het gebruik van biomassa.

Nieuwe technische ontwikkelingen zouden overigens de ‘rendabele actieradius’ van lokale biomassa kunnen vergroten. Het Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) bijvoorbeeld onderzoekt de mogelijkheden voor het decentraal verwerken van landbouwreststoffen tot een energierijk tussenproduct, dat in een tweede stap tot hoogwaardige biobrandstof kan worden verwerkt ([www.bioliq.com](http://www.bioliq.com)). De eerste stap is het omzetten van stro en resthout in een energierijke ‘slurry’ door middel van snelpyrolyse (kortstondige verhitting) in kleinschalige, decentrale installaties. De energiedichtheid van deze slurry maakt het economisch rendabel om deze over langere afstanden te vervoeren naar een centrale verwerkingsinstallatie. Daar wordt de slurry tot een synthesesgas verwerkt, dat als bouwstof voor diverse chemische processen dient of met het Fisher-Tropschproces in synthetische brandstof kan worden omgezet. Het FZK noemt deze keten van stro tot biobrandstof het Bioliq-proces.

### 6.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van de ruimtelijke ordening

De ruimtelijke afwegingen voor de importstroom van biomassa liggen voor een belangrijk deel in het buitenland, maar worden daar onvoldoende gemaakt. Het gaat daarbij om thema's als de verdringing van de teelt van voedselgewassen en het verlies aan biodiversiteit. Het Europese certificeringssysteem voor duurzame biomassa zou moeten bijdragen aan een zorgvuldiger afweging van ruimtelijke gevolgen (Bindraban et al. 2009).

De ruimtelijke afwegingen voor de decentrale, lokale omzetting van biomassa vinden plaats in de provinciale of gemeentelijke procedure voor een bouw- en milieuvergunning en in de bestemmingsplanprocedure (Lindeman 2006). Voorheen traden nogal eens problemen op met het bestemmings-

plan, omdat de installaties niet als een agrarische activiteit werden gezien. Een belangrijke ruimtelijke overweging is dus de landschappelijke inpassing van de installatie: klopt de activiteit met de bestemming en past de activiteit in het type gebied (Infomil 2005; Froling et al. 2007)? Inmiddels is een praktijk ontwikkeld om agrarische en industriële activiteiten helder te onderscheiden (Lindemans 2006; Infomil 2005) en om ruimtelijk maatwerk te leveren bij de inpassing van grote installaties in het landschappelijk gebied. Voor alle installaties geldt inmiddels dat het extra directe en indirecte ruimtegebruik geen andere eisen stelt aan de ruimtelijke ordening dan de gebruikelijke procedures voor planning en vergunningverlening.

## 6.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

Voor de binnenlandse stroom biomassa kan ruimtelijke planvorming een meerwaarde hebben. Op regionale schaal kan een structuurvisie helpen vraag en aanbod van biomassa bij elkaar te brengen en te stabiliseren. Dat is nodig, omdat grotere biomassa-installaties brandstof uit de nabije omgeving moeten verzamelen. Door de lage energie-inhoud of door bederfelijkheid is transport van reststromen over grotere afstanden niet gewenst. De beschikbaarheid van biomassa is daardoor tot het aanbod van kleinschalige, lokale aanbieders beperkt. Het aanbod kan bovendien door veranderingen in grondgebruikfuncties snel wisselen, bijvoorbeeld doordat een agrarische activiteit overgaat naar natuurbeheer. Door deze afhankelijkheden zijn biomassacentrales gebaat bij een regionale inbedding en een stabiele functie van lokale aanbieders.

Planners kunnen proberen de installaties voor de verwerking van biomassa zo dicht mogelijk bij bestaande bronnen te plaatsen. Bij decentrale biomassa-installaties voor eigen gebruik is dat al het geval. Op regionale schaal zouden planners de afvalstromen in beeld kunnen brengen en daar nieuwe kringlopen of 'cascades' voor kunnen uitwerken (Van Kann 2009). Hetzelfde geldt voor energiecentrales die op het afval van een specifiek bedrijventerrein kunnen worden toegespitst. Omgekeerd zou men in de buurt van grootschalige verwerkingsinstallaties, zoals energiecentrales, de ruimtelijke planning tot bijvoorbeeld een structuurvisie kunnen aanpassen. In bijvoorbeeld de studie van de provincie Groningen naar het 'energielandschap' gaat het om de vraag waar grond geschikt en vrij is voor energielandbouw (Van den Dobbelen 2008). Ook is het mogelijk vanuit de bodemgeschiktheid en agro-economie naar locaties te zoeken waar biomassa wel rendeert (Kuhlman 2005).

Biomassa treedt in de praktijk al op als nieuw element in visievorming, bijvoorbeeld in de discussie over de inrichting van natuur- en recreatiegebieden. Biomassa gaat ook deel uitmaken van de visievorming op de ontwikkeling van havengebieden waar plek is voor bulkopslag of waar biomassa-verwerkende industrie is gevestigd (Boosten et al. 2006). Het groene imago kan hierbij extra bijdragen (Ecorys 2006). Een dergelijke kans ligt ook in energieteelt. Zelfs als de teelt niet rendabel wordt, blijkt biomassa een nieuw element in visievorming te worden.

Biomassa heeft verder de potentie een leidend thema bij gebiedsinrichting te worden, naast landschappelijke, historisch-culturele en ecologische kwaliteiten<sup>1</sup>. Een voorbeeld hiervan is te vinden in de Archiprix van 2008. Ontwerper Ruud Smelen leverde met zijn idee voor grienden als bron van energie en landschappelijk inrichtingselement het winnende ontwerp (Smelen 2008). Multifunctioneel grondgebruik zou natuurwaarden en groene energieproductie in natuurgebieden of laagwaardige landbouwgebieden kunnen combineren. Bij de ontwikkeling van nieuwe natuurgebieden langs de rivieren (in de ecologische hoofdstructuur) zou gecombineerd gebruik voor waterberging, natuurgebieden en productie van biomassa door cyclisch beheer mogelijk zijn (Peters et al. 2006, Boosten & Winterink 2007). Hetzelfde geldt voor de combinatie met waterzuivering van oppervlaktewater met behulp van rietvelden, zoals bij Waterpark *Het Lankheet*. Hierbij moet worden aangetekend dat de bestaande opvattingen over natuurbeheer op gespannen voet kan komen te staan met de doelstelling van biomassa uit groenbeheer. Natuurbeheer vraagt om zo min mogelijk ingrijpen van buitenaf, terwijl biomassa uit groenbeheer juist geregeld ingrijpen vereist.

### Noot

1) Zie ook Innovatieregeling Mooi Nederland, Thema 2: Identiteit van energielandschappen, Duurzame energie als motor van de kwaliteit van stad en land.



# Carbon Capture and Storage (CCS)



Voor een bijdrage van ruimtelijke ordening aan een duurzame energievoorziening zijn er diverse mogelijkheden in de keten voor CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag, bijvoorbeeld:

- voor CO<sub>2</sub> en gas is een langjarige opslagstrategie gewenst, waarin onder andere een relatie wordt gelegd tussen opslagvelden en de infrastructuur,
- in de context van zo'n langjarige opslagstrategie en van het Structuurschema Buisleidingen is een ruimtelijke visie op het netwerk gewenst,
- er moet rekening worden gehouden met goedkeurings-termijnen voor vergunningverlening door de Europese Commissie.

De hiervoor beschreven maatregelen waren erop gericht de productie van CO<sub>2</sub> te voorkomen. CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag, ofwel 'Carbon Capture and Storage' (CCS), volgt een andere strategie. Bij CCS vangt men CO<sub>2</sub> direct bij de productie af, om het vervolgens voor zeer lange tijd op te slaan, bijvoorbeeld in de (kilometers) diepe ondergrond of in de diepzee. Voorstanders van CCS zien het als een manier om tijd te winnen voor de energietransitie naar een CO<sub>2</sub>-arme energieproductie op lange termijn (pm bron). Tegenstanders zien het als een dure investering, met beperkte capaciteit, die juist tot uitstel van de noodzakelijke uitfasering van fossiele bronnen leidt (Greenpeace 2007).

CCS is specifiek in het Europese Klimaat- en Energiepakket benoemd. De Europese Unie beoogt CCS te reguleren en de belemmeringen voor de opslag van CO<sub>2</sub> in de bestaande wetgeving weg te werken. Daarnaast wil Europa een 'level-playing field' scheppen, door vergunningsvoorwaarden, verantwoordelijkheden, milieubeschermingseisen en de toegang tot transport en opslag tussen landen gelijk te schakelen.

Tot 2020 zal CCS waarschijnlijk vooral door het afvangen van CO<sub>2</sub> bij de industrie een relevante bijdrage aan de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling leveren. Daarna kan CCS ook bij energiecentrales een belangrijke rol gaan spelen (PBL 2009a). Schoon en Zuinig streeft naar twee demonstratieprojecten in Nederland. Deze moeten aantonen dat CCS werkt en bij energiecentrales rendabel kan worden toegepast (werkprogramma CCS). Blijft CCS te duur, dan zullen bijvoorbeeld kolencentrales CO<sub>2</sub> blijven uitstoten en daarvoor de rechten betalen. Dat kan goedkoper zijn dan CCS. De minister van VROM meldt in haar brief aan de Tweede

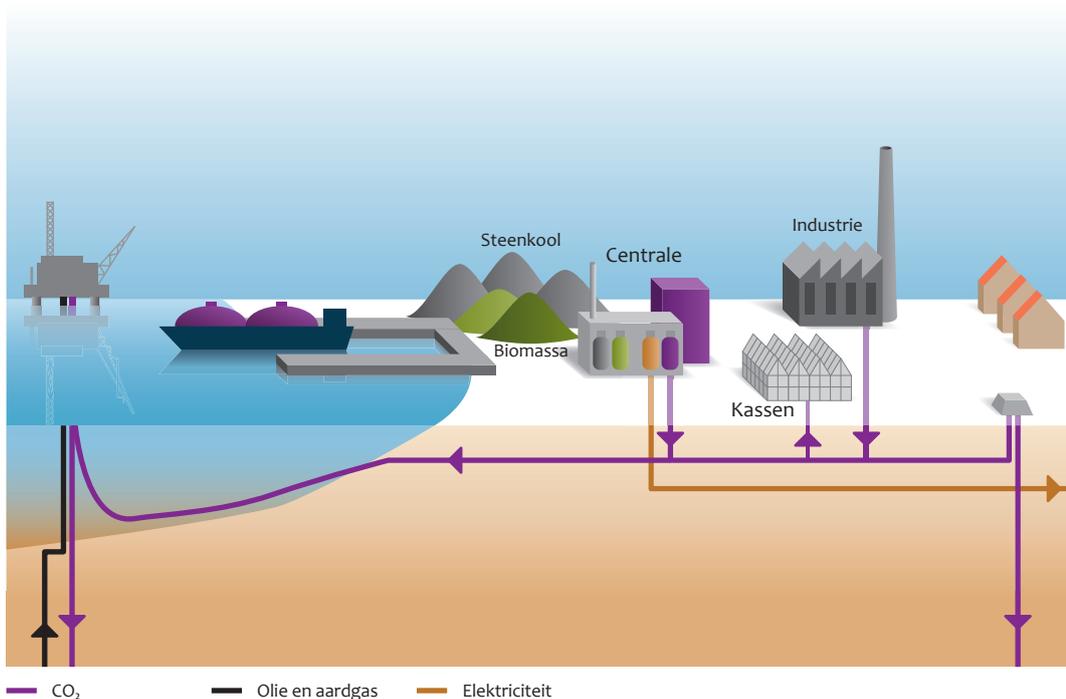
Kamer (30 november 2009), dat ze daarom overweegt een CO<sub>2</sub>-uitstootnorm voor centrales in te stellen (op Europese of Nederlandse schaal, of beide). Daarnaast overweegt ze om ook, of in plaats daarvan, een CCS-verplichting in te stellen (Tweede Kamer 2008-2009). Het is nog onbekend hoe die norm of verplichting eruit zal zien.

Het Europese Klimaat- en Energiepakket wil voor heel Europa twaalf demonstratieprojecten voor CCS. De Europese Unie verwacht dat CCS vanaf 2020 op grote schaal kan worden toegepast. Daarop vooruitlopend verplicht het Europese Klimaat- en Energiepakket nu al om bij de bouw van nieuwe conventionele centrales boven de 300 MW met toekomstige installaties voor CCS rekening te houden: de centrales moeten 'capture ready' worden opgeleverd.

Een opvallend element in de Europese richtlijn is de rol van de Commissie. Om consistentie in het beleid van lidstaten te waarborgen, dienen de lidstaten zowel conceptvergunningen voor de opslag als de conceptgoedkeuring door de staat van de definitieve overdracht van opslaglocaties aan de staat voor te leggen aan de Commissie. Deze geeft binnen vier maanden een reactie. De reactie is niet bindend, maar de lidstaat in kwestie moet wel motiveren wanneer hij bij vergunningverlening of goedkeuring afwijkt van het oordeel van de Commissie (Europese Commissie 2009).

De investering in CCS is bij de huidige prijs van emissierechten niet rendabel, daar het goedkoper is emissierechten te betalen dan CCS toe te passen. Toepassing van CCS op korte termijn zal daarom alleen met subsidie of vanwege een verplichting plaatsvinden. De kosten van CO<sub>2</sub>-transport vormen een relatief klein aandeel in de totale kosten van CCS (interview Machteld van den Broeke), maar zijn niet te verwaarlozen. De afstand tussen CO<sub>2</sub>-afvang en CO<sub>2</sub>-opslag zal daarom zo veel mogelijk worden beperkt (TNO Rapport). Naarmate de prijs van emissierechten oploopt en CCS goedkoper wordt, zullen de transportafstanden langer worden.

Op de lange termijn is CCS in combinatie met biomassa interessant als zogenoemde CO<sub>2</sub>-sink (PBL 2009a). CO<sub>2</sub>-sink is een manier om CO<sub>2</sub> met behulp van biomassa actief uit de lucht te onttrekken. Na verbranding, afvang en opslag komt de CO<sub>2</sub> niet meer in de atmosfeer terug. Daarom is het mogelijk in biomassa met CCS een negatief CO<sub>2</sub>-saldo over te houden.



## 7.1 Benodigde maatregelen

CO<sub>2</sub> is afkomstig van verschillende bronnen en heeft heel verschillende bestemmingen. Daarvan is geologische opslag de belangrijkste, maar het kan ook nuttig worden gebruikt. Tussen bronnen en afnemers moet dan wel een grotendeels nieuw netwerk worden aangelegd.

De belangrijkste bronnen voor afgevangen CO<sub>2</sub> zijn op dit moment industriële producenten in de chemie, zoals raffinaderijen en producenten van etheen en ammoniak. In de toekomst komen daar op kolen, aardgas of biomassa gestookte elektriciteitscentrales bij (Rubin 2005). Bij sommige technieken om CO<sub>2</sub> af te vangen, bijvoorbeeld de post-combustionstechniek waarbij de CO<sub>2</sub> van de andere verbrandingsgassen wordt gescheiden, is extra warmte nodig. Als die warmte niet voorhanden is, moet deze worden opgewekt, wat ten koste gaat van het totale rendement.

Het CO<sub>2</sub> wordt vervolgens getransporteerd. Nu gebeurt dat hoofdzakelijk via ondergrondse buisleidingen onder hoge druk. Voor grote afstanden over zee is transport ook rendabel per tanker (Hendriks & Graus 2004; Rubin 2005; Knipsels 2008).

Het gas CO<sub>2</sub> heeft verschillende bestemmingen. De belangrijkste daarvan zal geologische opslag zijn, waarbij het dus voor zeer lange tijd in de aarde wordt opgeslagen. Hiervoor komen bijvoorbeeld oude olie- en aardgasvelden, diepe oceaantroggen en ondergrondse waterlagen (zoute aquifers) in aanmerking. Daarnaast zijn er opties voor gebruik van CO<sub>2</sub> als 'nuttig' gas:

- door tuinders die voor een betere groei een hoger CO<sub>2</sub>-gehalte in hun kas willen hebben en die, door CO<sub>2</sub> af te

nemen, het niet zelf hoeven te produceren (deze afname is marginaal vergeleken bij de totale CO<sub>2</sub>-productie);

- door de (chemische) industrie die CO<sub>2</sub> gebruikt als grondstof en hulpstof voor tal van voedselproducten en medicijnen (Ansem et al. 2009);
- door de werktuigbouwkunde, de mijnbouw en de bouw die CO<sub>2</sub> toepassen als binding in vaste stoffen ('mineral carbonation');
- door aardoliemaatschappijen die CO<sub>2</sub> bij de winning van olie toepassen; het wordt dan ingespoten om de olie gemakkelijker op te kunnen pompen (zogenaamde 'enhanced oil recovery'; Rubin 2005).

De installaties voor de opslag van gas in de ondergrond zijn vergelijkbaar met de installaties die voorheen voor het oppompen van aardgas werden gebruikt. Inmiddels wordt onderkend dat het van belang is dat deze installaties na uitputting van het gas- of olieveld blijven staan. Zo kunnen kosten worden bespaard als ze later voor CO<sub>2</sub>-opslag worden gebruikt (interview Hans Elzenga).

## 7.2 (Ruimtelijke) afwegingen van betrokken actoren

CCS is voor een deel een nieuwe toepassing van een bestaande industriële techniek, die tot nieuwe mogelijkheden leidt. De rijksoverheid wil bedrijven stimuleren deze mogelijkheden te grijpen. Daarnaast is het noodzakelijk nieuwe regelgeving te maken en een maatschappelijke discussie over de veiligheid ervan te voeren.

### 7.2.1 Bedrijfsleven

CO<sub>2</sub> wordt aangeboden door industrieën en energiebedrijven die anders emissierechten zouden moeten kopen. Het is

echter nog niet zeker of CCS bij fossiele energiecentrales voldoende rendabel is (Rubin 2005). Dit hangt onder meer van de prijs van emissierechten af. De verwachting is dat die prijs zal oplopen en uiteindelijk hoger zal zijn dan de kosten van CCS, die door ervaring en verbetering nog kunnen worden verlaagd (Ansem et al. 2009). Het is niet te verwachten dat de kosten al voor 2020 tegen de dan geldende prijs van emissierechten zullen opwegen (TNO-rapport). Industriële afvang is al wel rendabel. Verder zijn transport en opslag van CO<sub>2</sub> in het belang van de beheerders van transportnetwerken voor gas (Gasunie) en de eigenaren van gasvelden (EnergieBeheer Nederland) en olievelden (Nogepa). Deze eigenaren kunnen in de toekomst hun lege velden alsnog voor CCS gebruiken.

### 7.2.2 Rijksoverheid

De ministeries van VROM en Economische Zaken stimuleren CCS als een van de manieren voor Nederland om aan de ambitieuze CO<sub>2</sub>-reducties te kunnen voldoen. Bovendien zou Nederland pionier in de techniek van CCS kunnen worden. De overheid stelt daarom geld beschikbaar voor demonstratieprojecten (VROM 2007a). Ook moet het ministerie van Economische Zaken op grond van de Mijnbouwwet de concessies voor de opslag uitgeven en moet het ministerie van VROM het pijpleidingtracé planologisch goedkeuren en een milieuvergunning voor installaties afgeven. Wordt hiervoor de Rijksprojectprocedure gebruikt, dan moeten provincies en gemeenten tracé en concessies in hun bestemmingsplannen inpassen (Ansem 2009). Voor de aanleg van de buizen moeten grondeigenaren zoals tuinders of ontwikkelaars toegang verlenen. De Tracéwet is daar de wettelijke basis voor.

De rijksoverheid is verder aansprakelijk voor de opslag op de lange termijn. Tot twintig jaar na afsluiting van de opslag is het aanleverende bedrijf verantwoordelijk voor lekken en moet het in geval van lekkages CO<sub>2</sub>-rechten kopen. Is de opslag gedurende twintig jaar stabiel geweest, dan gaat de verantwoordelijkheid over naar de staat.

De overheid heeft daarnaast met andere landen te maken als het transport of de opslag grensoverschrijdend is. De landen aan de Noordzee werken aan een samenwerkingsverband daarvoor, naast het al bestaande OSPAR-verdrag. Het doel van het OSPAR-verdrag is om de activiteiten op de Noordzee beter op elkaar aan te laten sluiten.

### 7.2.3 Gemeenten

Gemeenten hebben in dit dossier een verschillende rol. Een gemeente als Rotterdam ziet in CCS vooral mogelijkheden voor economie en duurzaamheid. Rotterdam is een belangrijke haven voor goederen die met energie hebben te maken, vooral kolen. Ook in de nieuwe energievoorziening wil Rotterdam een belangrijke rol in het netwerk blijven spelen. CCS hoort daarom tot het *Rotterdam Climate Initiative* (RCI). Rotterdam claimt energiehaven en CO<sub>2</sub>-hub te worden.

Aan de andere kant vertegenwoordigt een gemeente als Barendrecht de bezwaren tegen opslag van burgers die huiverig zijn voor een techniek waarvan de veiligheid in hun ogen nog niet is bewezen. Zij vrezen voor lekkages en voor waardedaling van hun woning. Hoewel de rijksoverheid het

wettelijke instrumentarium heeft om deze bezwaren naast zich neer te leggen, kleven daar mogelijk politieke kosten aan.

### 7.2.4 Milieuorganisaties

Sommige milieuorganisaties zien CCS als een afzwakking van het streven naar energie-efficiënte en duurzame elektriciteitsproductie. De moeite die erin wordt gestoken, gaat niet naar de transitie naar duurzame energie. CCS zou met andere woorden aan een verdere 'lock-in' van fossiele energie bijdragen (Greenpeace 2007). Bovendien zou er gevaar zijn voor het lekken van CO<sub>2</sub> uit de opslagplaatsen.

## 7.3 Ruimtelijke effecten van de maatregelen

De techniek van CCS neemt bij centrales weinig extra ruimte in. Ook de velden kosten weinig ruimte, aangezien die zich in de diepe ondergrond bevinden. Wel moet met de buizen-tracés rekening worden gehouden.

### 7.3.1 Directe effecten

Het directe ruimtebeslag bij de bron beperkt zich tot de industrieterreinen waar de energiebedrijven of fabrieken zich bevinden. Volgens de EU-richtlijn moet bij de bouw van nieuwe energiecentrales van meer dan 300 MW rekening worden gehouden met de plaatsing van een afvanginstallatie ('capture ready'). Dit legt nu al enig beslag op de ruimte op het terrein van zo'n nieuwe centrale.

Tussen de bron en de opslag is een netwerk van buizen of transport per tanker nodig. De Nederlandse CO<sub>2</sub>-bronnen zijn in de grote industriegebieden en bij de verspreide energiecentrales te vinden. De belangrijkste bestemming van de CO<sub>2</sub> is de geologische opslag in lege gas- en olievelden, aquifers en poreuze steenformaties, zowel onshore als offshore.

Voor opslag wordt vanwege de kosten in eerste instantie naar locaties op Nederlands grondgebied gekeken. Daarna bestaat er de mogelijkheid veel grotere opslagmogelijkheden elders op de Noordzee te gebruiken, bijvoorbeeld in de Utsira-formatie bij Noorwegen (Van den Broek et al. te verschijnen). Voor het buizennetwerk volstaat een eenvoudig tracé met enkele hoofdverbindingen. Tussen de beslissingen over dat buizennetwerk en de benutting van de velden ligt een relatie: de eerste leidingen moeten worden aangelegd naar de gasvelden die het eerst zullen worden opgevuld. Van den Broek et al. (te verschijnen) maakte een ontwerp voor een kosteneffectieve oplossing. Opslag onshore is het goedkoopst, maar de opslagcapaciteit offshore zal naar verwachting eerder beschikbaar komen dan de afvangvolumes die moeten worden opgeslagen (Taskforce CCS 2009). Tegen de tijd dat op offshoreopslag moet worden overgegaan, zijn de offshore-installaties al ontmanteld en zal het duur zijn deze weer in gebruik te nemen.

Vanuit kosten oogpunt lijkt er veel voor te zeggen de opslagcapaciteit in het noorden van Nederland en op de Noordzee min of meer gelijktijdig en niet na elkaar te benutten. Dit betekent dat ook de leidinginfrastructuur naar beide plekken gelijktijdig moet worden aangelegd (interview Machteld van den Broeke). Van belang hierbij is de keuze van lege gasvelden die voor gasopslag zullen worden gebruikt

(in het kader van ‘Nederland gasrotonde’ en als strategische gasvoorraad; Energieraad 2008) en de gasvelden die voor CO<sub>2</sub>-opslag zullen worden gebruikt (EZ 2008). Het is echter de vraag of er werkelijk concurrentie tussen beide opties bestaat. Volgens DHV is dit niet het geval, doordat voor aardgasopslag vooral kleinere tot middelgrote velden en voor CO<sub>2</sub> juist grotere velden of clusters van velden geschikt zijn (Ansem et al. 2009).

### 7.3.2 Indirecte effecten

Voor het transport van CO<sub>2</sub> geldt boven de leidingen een indirect ruimtebeslag. Het transport van CO<sub>2</sub> onder grote druk betekent dat het onder de veiligheidsbepalingen valt die ook voor gevaarlijke stoffen gelden (VROM 2007b). Deze bepalingen staan in de Algemene Maatregel van Bestuur (AmvB) voor het transport van gevaarlijke stoffen in buisleidingen.

Bovengronds gelden dan verschillende planologische restricties. Aan weerszijde van de leiding moet een zone van vijf meter voor onderhoud worden vrijgehouden (de zakelijkrechtzone). Daarbuiten geldt een toetsingsafstand. Binnen de contour van het plaatsgebonden risico 10<sup>-8</sup> zijn in principe kwetsbare functies (zoals wonen) taboe, hoewel daar uitzonderingsregels voor zijn (Oranjewoud 2008). Vanwege de planologische hinder die buisleidingen opleveren (Schout 2008), plant de rijksoverheid een ruimtelijke hoofdstructuur voor leidingstroken, de AmvB-buisleidingen. De AmvB regelt de doorwerking van ruimtelijke reserveringen voor buisleidingen (namelijk de leidingstroken) in bestemmingsplannen wettelijk. Voor deze hoofdstructuur moet een strook van 70 meter (regionale stroken: 35 meter) worden vrijgehouden (document ‘leidingen en antennemasten’). Daarnaast moet alvast rekening worden gehouden met een bebouwingsvrije afstand van 55 meter en een toetsingsafstand van 175 meter.

Het indirecte ruimtegebruik bij de bron zal weinig veranderen, doordat de installaties zich op terreinen bevinden die sowieso al in een hoge milieuklasse vallen. Zolang de bezorgdheid bij burgers over de veiligheidsrisico’s van ondergrondse opslag (zie de paragraaf over de afwegingen van actoren) nog niet in regelgeving is omgezet, is er geen negatief indirect effect van ondergrondse opslag. De aanwezigheid van warmtebronnen in de omgeving van de beoogde CCS-locatie, andere industrie of energiecentrales, kan gunstig zijn voor de locatiekeuze van industrieën of energiebedrijven die CCS willen toepassen. Voor het scheiden van CO<sub>2</sub> uit rookgassen is immers warmte nodig. De beschikbaarheid van restwarmte is een van de argumenten die het RCI naar voren brengt om Rotterdam als CO<sub>2</sub>-hub te afficheren (RCI).

### 7.4 Analyse geschiktheid kaders en visies van de ruimtelijke ordening

Het afwegingskader voor ruimtelijke beslissingen rond het transport en de opslag van CO<sub>2</sub> is in principe voldoende geregeld in de Wet ruimtelijke ordening en de Elektriciteits-, Gas- en Mijnbouwwet (Koster 2008). De ruimtelijke ordening is slechts zijdelings betrokken bij CCS. De kaders voor de opslag van CO<sub>2</sub> zijn gegeven in sectorale regelgeving voor de diepe ondergrond. De kaders voor het transport van CO<sub>2</sub> zijn vastgelegd in het beleid voor externe veiligheid. De buizen liggen

niet diep in de ondergrond en daarom gelden er beperkingen voor bebouwing boven het tracé.

Het onderwerp verschijnt op de ruimtelijke agenda, omdat onzeker is of eventuele lekken in de opslag gevolgen zouden hebben boven de grond. Bij het project in Barendrecht zijn voorzieningen getroffen om de druk te monitoren en zo eventuele lekken te signaleren. Hoewel de uitvoerende partijen de kans op lekken nihil achten, is er toch onrust en weerstand in de lokale politiek.

### 7.5 Mogelijke aanvullende bijdragen van de ruimtelijke ordening

Een visie op de ruimtelijke afstemming tussen bronnen, leidingen en opslagplaatsen van CO<sub>2</sub> kan om twee redenen de introductie van CCS faciliteren. In de eerste plaats moet de rijksoverheid de langjarige opslagstrategie van CO<sub>2</sub> en aardgas coördineren. Een gelijktijdige beslissing over de verdeling van opslagmogelijkheden voor aardgas en CO<sub>2</sub>, de volgorde en de fasering van de aanleg van de infrastructuur gaat gepaard met hoge initiële investeringen, maar levert uiteindelijk kostenvoordelen op (Taskforce CCS 2009; Van den Broeke et al. te verschijnen). In de tweede plaats zou een tijdige openbare planvorming voor de lange termijn helpen om informatie aan het publiek te verstrekken. In een dergelijk document moet worden beargumenteerd waarom voor een bepaalde locatie is gekozen. Dit kan bijdragen aan een betere politieke besluitvorming, waarbij de verschillende belangen tegen elkaar worden afgewogen.

# Bijlage

## Begrippenlijst

ACEA-convenant	Convenant afgesloten tussen de Europese Commissie en de Europese Associatie van Automobielfabrikanten (ACEA) over de beperking van de uitstoot van nieuwe auto's, in termen van CO <sub>2</sub> per gereden kilometer.
AVI	Afvalverbrandingsinstallatie.
agrosresidu	Reststof bij productie in de landbouw.
aquatische biomassa	Biomassa die water voorkomt: bijvoorbeeld zeewier of algen.
aquifer	Waterhoudende zandlaag in de ondergrond.
bijmenging	Het mengen van biobrandstoffen bij brandstoffen van fossiele oorsprong.
bijstook	Het verbranden van biomassa in een kolencentrale.
biobrandstof	Verzamelnaam voor verschillende soorten brandstof gemaakt uit biomassa zoals planten, in tegenstelling tot brandstof gewonnen uit aardlagen met fossiele plantenresten.
biomassa	Verzamelnaam voor (niet-fossiel) organisch materiaal (zoals plantenresten, suikerriet, palmolie, dierlijke vetten) dat voor verschillende doelen, waaronder energiewinning, gebruikt kan worden.
capture-ready	Het treffen van maatregelen bij energiecentrales of industrie om in een later stadium afvang van CO <sub>2</sub> mogelijk te maken.
cascadering	Het getrapte gebruik van grondstoffen, waarbij het afvalproduct van het ene gebruik wordt ingezet als de grondstof voor het volgende gebruik, teneinde deze keten zo lang en efficiënt mogelijk te maken.
CDM/JI	Regeling onder het Kyoto-protocol die het mogelijk maakt dat landen met CO <sub>2</sub> -reductieverplichtingen deze realiseren in andere landen. De <i>Joint Implementation (JI)</i> regeling is van toepassing wanneer de investering plaatsvindt in een land met een eigen reductieverplichting; het <i>Clean Development Mechanism</i> is van toepassing als de investering plaatsvindt in een land zonder reductieverplichtingen (vaak een ontwikkelingsland).
Carbon capture and storage (CCS)	De gangbare term voor het afvangen van CO <sub>2</sub> -uitstoot direct bij de productie, om het vervolgens voor zeer lange tijd op te slaan, bijvoorbeeld ondergronds, onder water, of in andere materialen.
Co-vergisting	Het vergisten van mest en andere producten, zoals agrarisch afval, waarbij gas vrijkomt dat kan worden omgezet in warmte en elektriciteit of rechtstreeks wordt geleverd op het aardgasnet.
CO <sub>2</sub> -hub	Logistiek knooppunt in vervoer CO <sub>2</sub> , eventueel met faciliterende functies voor de verhandeling; term is door <i>Rotterdam Climate Initiative</i> gelanceerd.
CO <sub>2</sub> -sink	Elk proces of mechanisme waarbij netto CO <sub>2</sub> uit de lucht wordt vastgelegd, bijvoorbeeld in organisch materiaal in de bodem.
elektrolyse	Scheikundige techniek om de stof water op te splitsen in de stoffen zuurstof en waterstof.
energielandschap	Door de mens vormgegeven landschap waarbij de winning van energie één van de inrichtingsprincipes is. Energieproducerende functies (zoals energieteelt of windmolens) worden gecombineerd met andere functies (zoals recreatie, of reservering van ruimte), en efficiënt ten opzichte van elkaar gelokaliseerd.
energieteelt	De teelt van gewassen specifiek voor energiewinning, bijvoorbeeld gewassen die ook als voedsel geschikt zijn, zoals koolzaad (1e generatie) of speciale energiegewassen, zoals wilgen (2e generatie). Ook wordt onderscheid gemaakt tussen monoteelt, en teelten die gelijktijdig diverse functie mogelijk maken.
enhanced oil recovery	Proces waarbij het door het inspuiten van CO <sub>2</sub> gemakkelijker wordt de aanwezige olie te winnen.
ETS	<i>Emission Trading Scheme</i> . Het handelssysteem van de Europese Unie waarin producenten van CO <sub>2</sub> die verplicht zijn voor hun uitstoot emissierechten te komen, deze onderling verhandelen.
ETS-sector	De verzameling van bedrijven die verplicht zijn emissierechten voor hun uitstoot te hebben, en die deze onderling kunnen verhandelen. Niet alle CO <sub>2</sub> -producenten vallen onder de ETS; automobieliteit en de verwarming van gebouwen bijvoorbeeld zijn onderdeel van de niet-ETS-sectoren. Hiervoor gelden overigens wel (nationale) reductiedoelstellingen.
F-gas	Broeikasgassen die bestaan uit fluorverbindingen.
Fisher-Tropschproces	Chemisch procedé om (o.a.) tweedegeneratie-energiegewassen om te zetten in biodiesel.
gasrotonde	De doelstelling om Nederlandse infrastructuur en expertise op het gebied van gas ook na het opraken van de Nederlandse gasreserves te gelde te maken; dit wordt gerealiseerd door Nederland een logistiek knooppunt te maken van vervoer en strategische opslag van gas voor Noordwest-Europa.
hernieuwbare energie	Energiesoorten waarvan de winning niet leidt tot een vermindering van mogelijkheden voor winning in de toekomst, bijvoorbeeld zonne-energie, getijdenenergie, windenergie, etc.
interconnectie	Verbinding van netwerken, over landsgrenzen heen.

lock-in	Aanduiding voor het onbedoelde gevolg van de keuze voor een bepaalde technologie, een bepaald systeem of een bepaalde ruimtelijke ordening. De investeringen beperken de keuzevrijheid voor nieuwe technologieën en systemen.
mechanische opslag	Opslag in de vorm van veren, hydraulische pompen, of luchtdruk.
meestook	Vergassing van de biomassa en vervolgens omzetting in gascentrale.
(micro)steamreformer	Installatie voor de productie van waterstof uit bijvoorbeeld aardgas.
mineral carbonation	Industrieel proces om CO <sub>2</sub> te fixeren anorganische carbonaten, dat vervolgens opgeslagen kan worden of hergebruikt.
na-isolatie	Isolatie die pas achteraf wordt aangebracht. Hiervoor zijn speciale technieken nodig; een spouwmuur is achteraf lastig te vullen met steenwollen dekens.
Nieuwe Rijden	Overheids campagne om autochauffeurs zuiniger met hun voertuig om te laten gaan.
OSPAR-verdrag	Internationaal verdrag met als doel door samenwerking het maritieme milieu in de Noordoostelijke Atlantische Oceaan, inclusief de Noordzee.
pv-cellen	Photovoltaïsche cellen; zonnecellen die elektriciteit produceren, (niet te verwarren met zonneboilers, die water opwarmen).
post-combustionstechniek	Een van de technieken voor CCS, waarbij CO <sub>2</sub> wordt afgevangen na de verbranding van bijvoorbeeld kolen of gas.
restwarmte	Overtollige warmte die elders hergebruikt wordt voor verwarming. Deze overtollige warmte kan afkomstig zijn uit zeer diverse bronnen, van energiecentrales tot kassen (in de zomer).
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie.
WKK	Warmtekrachtkoppeling, een motor die zowel warmte als elektriciteit produceert.
WKO	Warmte- en koudeopslag.

---

# Literatuur

- Annevelink, E., R.R. Bakker & M.J.G. Meeusen-van Onna (2006), *Quick scan kansen op het gebied van biobrandstoffen: met nadruk op de agro-sector*, Wageningen: Agrotechnology & Food Sciences Group.
- Ansem, I. van, C. Cronenberg & R. Eekhoorn (2009), *Carbon Capture and Storage, plan van aanpak Noord-Nederland*, DHV/Kernteam CCS Noord-Nederland.
- Bindraban, P.S. et al. (2009), 'Can large-scale biofuels production be sustainable by 2020?', *Agricultural Systems* 101 (3): 197-199.
- Boosten, G. & J. De Wilt (2006), *Bioport: Nederland als mainport voor biomassa*, Utrecht: DOTank/Innovatienetwerk.
- Boosten, M. & A. Winterink (2007), *Biomassateelt en waterberging*, Wageningen: Probos.
- Bonte, M. et al. (2008), 'Bodemenergiesystemen in relatie tot grondwaterbescherming', *Bodem, Tijdschrift over duurzaam bodembeheer* 5.
- Bosch, G. et al. (2008), *Projectenboek Windenergie. Analyse van windenergieprojecten in voorbereiding*, Utrecht: Bosch & Van Rijn.
- Broek, M. van den et al. (te verschijnen), 'Feasibility of storing CO<sub>2</sub> in the Utsira formation as part of a long term Dutch CCS strategy. An evaluation based on a GIS/MARKAL toolbox', *International Journal of Greenhouse Gas Control*.
- Cace, J. (2009), *Visiedocument mini windturbines*, Utrecht: NWEA.
- Cranenburgh, S. van (te verschijnen), *Duurzame stad. Kijkrichting energie*, Arnhem: BuildDesk Benelux BV.
- Dobbelsteen, A. van den (2008), *Energy potential mapping*, Rotterdam: 010.
- Dril, A.W.N. van et al. (2009), *Verkenning Schoon en Zuinig. Effecten op besparing, hernieuwbare energie en broeikasgassen*, Petten: ECN.
- ECN (2009), *Energie in Cijfers*, www.energie.nl.
- Ecorys (2006), *Sociaal-economische potentie capaciteitsuitbreiding haven Harlingen*, Rotterdam: Ecorys.
- Eerens, H. et al. (2008), *Renewables. Wind-energy potential in Europe 2020-2030*, Copenhagen: EEA/MNP.
- Elbersen, H.W. (2004), *De verschillende bio-energie opties als perspectief voor de landbouw (presentatie)*, Wageningen: WUR.
- Elzenga, H.E., J.A. Montfoort & J.P.M. Ros (2006), *Micro-warmtekracht en de virtuele centrale. Evaluatie van transities op basis van systeemopties*, Bilthoven: MNP.
- Energieraad (2008), *Brandstofmix in beweging. Op zoek naar een goede balans*, Den Haag: Energieraad.
- Energieraad (2009), *De ruggengraat van de energievoorziening*, Den Haag: Energieraad.
- Europese Commissie (2008), *Mededeling. Routekaart naar maritieme ruimtelijke ordening: werken aan gemeenschappelijke principes in de EU*, COM(2008) 791 definitief, EC, Brussel.
- Europese Commissie (2009), *On the geological storage of carbon dioxide*, Directive 2009/31/EC, Brussel.
- Europees Parlement en Raad (2006), *Beschikking 1364. 2006/EG*, Brussel.
- EZ (2008a), *Energierapport 2008*, Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- EZ (2008b), *Ontwerp planologische kernbeslissing 'Derde structuurschema elektriciteitsbeslissing', deel 1*, Den Haag: Ministeries van EZ & VROM.
- EZ (2009), 'Brief aan de Tweede Kamer van de minister van Economische Zaken', d.d. 24 november 2009, CCS 9210469.
- Faber, A. & J.P.M. Ros (2009), *Decentrale elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving. Evaluatie van transities op basis van systeemopties*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Froling, E. et al. (2007), *Energie uit biomassa en landschap. Onderzoek in opdracht van de Raad voor het Landelijk Gebied*, Velp: Van Hall Larenstein.
- Gordijn, H., F. Verwest & A. van Hoorn (2003), *Energie is ruimte*, Rotterdam/Den Haag: NAI Uitgevers/RPB.
- Greenpeace (2007), *CO<sub>2</sub> dumpen, waarom niet!*, Amsterdam: Stichting Greenpeace Nederland.
- Hanschke, C.B. et al. (2009), *Duurzame innovatie in het wegverkeer, Een evaluatie van vier transitiepaden voor het thema duurzame mobiliteit*, Petten: ECN.
- Heidebrink, I. et al. (2009), *Vorstudie naar een veilige waterstofinfrastructuur*, Utrecht: TNO.
- Hendriks, C. & W. Graus (2004), *Global carbon dioxide storage potential and costs*, Utrecht: Ecofys & TNO.
- Hilbers, H., M. Thissen, P. van de Coevering, N. Limtanakool & F. Vernooij (2007), *Beprijzing van het wegverkeer. De effecten op doorstroming, bereikbaarheid en de economie*, Rotterdam/Den Haag: NAI Uitgevers/RPB.
- Hilbers, H., P. van de Coevering & A. van Hoorn (2009), *Openbaar vervoer, ruimtelijke structuur en flankerend beleid. De effecten van beleidsstrategieën*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.

- Infomil (2005), *Handreiking co-vergisting van mest*, Den Haag: Infomil.
- IDON (Interdepartementaal Directeurenoverleg Noordzee) (2005), *Integraal beheersplan Noordzee 2015*, Den Haag: Ministeries van VenW, LNV, EZ & Vrom.
- Janssens, B. et al. (2005), *Beschikbaarheid van koolzaad voor biodiesel*, Wageningen: LEI.
- Kann, F. van (2009), 'Naar een duurzaam energiesysteem', *Rooilijn* 42 (3): 168-173.
- KEMA Consulting (2007), *Energie-eiland, haalbaarheidsstudie fase 1*, Arnhem: Kema Nederland BV.
- Knippels, H. et al. (2008), *CO<sub>2</sub>-afvang, -transport, en -opslag in Rijnmond*, Schiedam: DCMR Milieudienst Rijnmond.
- Koppejan, J. & P.D.M. de Boer-Meulman (2005), *De verwachte beschikbaarheid van biomassa in 2010*, Den Haag: SenterNovem.
- Koster, M.H. (2008), 'CO<sub>2</sub>-opslag in Nederland. De nieuwe CCS-richtlijn, het huidige Nederlandse wettelijke kader, risico's en aansprakelijkheid', *Nederlands Tijdschrift voor Energierecht* 6: 316-326.
- Kuhlman, T. et al. (2005), *Landbouw of landschap? Ontwikkelingen in het agrarisch grondgebruik in twee gebieden in Friesland*, Den Haag: LEI.
- Kuiper, L. & S. de Lint (2008), *Binnenlands biomassapotentieel, biomassa uit natuur, bos, landschap, stedelijk groen en houtketen*, Utrecht: Ecofys.
- Lakeman, L. et al. (2002), *Opwekking windenergie in de gebouwde omgeving*, Nijmegen: Royal Haskoning.
- Lindeman, J.H.W. et al. (2006), *Bio-energie in Nederland. Monitoring vergunningverlening 2006*, Arnhem: Kema Nederland BV.
- Lysen, E. & S. van Egmond (red.) (2008), *Biomassa assessment*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Maas, T. & B. Vink (2009), *Concrete stappen op weg naar een duurzame inrichting. Ruimte in 2009*, Den Haag: Ministerie van VROM.
- Mecanoo architecten (2003), *Kas als warmtebron. Glastuinbouw en stad in een nieuwe alliantie*, Den Haag: Stichting Innovatie glastuinbouw/Innovatienetwerk Groene ruimte en agrocluster.
- Menkveld, M. (red.) (2004), *Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid, factsheets*, Petten/Amsterdam: Energieonderzoek Centrum Nederland.
- Nagelhout, D. & J.P.M. Ros (2009), *Elektrisch autorijden. Evaluatie van transitie op basis van systeemopties*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Olivier, J. et al. (2008), *Het Europese Klimaat- en Energiepakket van januari 2008. Een verkennende analyse van de implicaties voor Nederland en andere lidstaten*, Bilthoven/Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Oranjewoud (2008), *Rapport buisleidingen bedrijventerrein Hoeksche Waard. Externeveiligheidonderzoek*, Almere: Oranjewoud.
- PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) (2008a), *Milieubalans 2008*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2008b), *Briefadvies over Landelijke Uitwerking Windmolens*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2009a), *Getting into the right lane for 2050. A primer for debate*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2009b), *Milieubalans 2009*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Peters, B.W.E., E. Kater & G.W. Geerling (2006), *Cyclisch beheer in uiterwaarden. Natuur en veiligheid in de praktijk*, Nijmegen: Centrum voor Water en Samenleving, Radboud Universiteit.
- Platform Kas als Energiebron (2009), *Innovatieagenda tot en met 2012, Zoetermeer: Landelijk programma energietransitie*.
- Platform Duurzame Elektriciteitsvoorziening (2008), *Naar een duurzame elektriciteitsvoorziening. Aandachtsgebied decentrale infrastructuur*, Utrecht: SenterNovem.
- Projectgroep Duurzame productie van biomassa (2007), *Toetsingskader voor duurzame biomassa*, Den Haag: Interdepartementaal projectprogramma Directie Energietransitie.
- Rienks, W.A. et al. (2009), 'Ruimte voor biomassa in Europa', *Geografie* 18 (2): 16-20.
- Rubin, E.S. (2005), *Carbon dioxide capture and storage. Special report of the IPCC*, Cambridge University Press.
- Schout, J.J. (2008), *Ruimtelijke analyse buisleidingstroken en -tracés*, Wageningen: Nieuwland Automatisering BV.
- Schueler, B.J. et al. (te verschijnen), *Bestuurlijke aspecten van klimaatadaptatie*, Wageningen: KvK.
- Smelen, R. (2008), *Poliphili on the river foreland. A production park in Arnhem*, (winnende) inzending Archiprix 2008.
- Schillemans, R.A.A. (2006), *Belemmeringen binnen en buiten de muren. Inventarisatie knelpunten en belemmeringen energiebesparingsmaatregelen gebouwde omgeving*, Delft: CE.
- Schöne, M.B. (2007), *Windturbines in het landschap*, Wageningen: Alterra.
- Schueler, B. et al. (te verschijnen), *Rapport bestuurlijke aspecten van klimaatadaptatie*, Utrecht: KvK.
- SenterNovem (2008a), *Statusdocument bio-energie 2008*, Den Haag/Arnhem: SenterNovem/Kema.
- SenterNovem (2008b), *Een bio-energiecentrale bij u in de buurt*, Den Haag: SenterNovem.
- PM SenterNovem: ontbreekt nog voor welk hoofdstuk?
- Sijmons, D. (2008), *Kleine energieatlas. De ruimtelijke footprint van 3.387 Gwh elektriciteitsproductie*, Den Haag: Ministerie van VROM.
- Taskforce CCS inzake de organisatie van de transport- en opslaginfrastuctuur (2009), *Advies*, TF 018-2009.
- Taskforce WKO (2009), *Groen licht voor bodemenergie*, Den Haag: Ministerie van VROM.
- Tennekes, J. & W. Hornis (2008), *Ruimtelijke-effectanalyse van EU-beleid. Een leidraad*, Rotterdam/Den Haag: NAI Uitgevers/RPB.
- Tillie, N. (2009), *REAP Rotterdamse energieaanpak en -planning. Op naar CO<sub>2</sub>-neutrale stedenbouw*, Rotterdam: Rotterdam Climate Initiative.
- Tweede Kamer (2008-2009), KST 138358, dossier 31209, nr. 105.
- Tweede Kamer (2009), *Brief van de Minister van Economische Zaken, d.d. 12 juni 2009, TK 31 239 nr. 64*.
- Verrips, A. et al. (2005), *Windenergie op de Noordzee. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse*, Den Haag: CPB.
- Versteeg, F. et al. (2009), *Gebouwde omgeving. Uitzicht op energieneutrale nieuwbouw en duurzame bestaande bouw*, Den Haag: Interdepartementale Programmadirectie Energietransitie/VROM.

- Vlek, C.A.J. (2000), *Locatiebeslissingen over energievoorziening. Verdamping van het Nimby-cliché door verbetering van besluitvorming. Adviesrapport Algemene Energie Raad, bijlage bij Energie en Ruimtelijke Ordening; Advies aan de Minister van Economische Zaken.*
- VROM et al. (2007a), *Nieuwe energie voor het klimaat. Werkprogramma Schoon en Zuinig*, Den Haag: Ministerie van VROM.
- VROM (2007b), *Vragen en antwoorden over buisleidingen*, Den Haag: Ministerie van VROM.
- VROM (2008), *Convenant Energiebesparing bestaande gebouwen ('Meer met Minder')*, Den Haag: Ministerie van VROM.
- VROM (2009), *Landelijk afvalbeheerplan 2009-2021. Naar een materiaalketenbeleid*, Den Haag: Ministerie van VROM.
- VROM-raad (2008), *Brussels lof. Handreiking voor ontwikkeling en implementatie van Europees Recht en Beleid*, Den Haag: VROM-raad.
- Wardt, J.W. van de (2009), *Milieueffecten wegverkeer. Haalbaarheid van de beleidsdoelstellingen voor een schoon, zuinig en stil wegverkeer*, Den Haag: Algemene Rekenkamer/SDU.
- Wiersma, G. & W.J. van den Berg (2004), *Biomassaketens, energetisch en economisch vergeleken*, Groningen: KNN Milieu.
- Wiesenthal, T. (2006), *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?*, Copenhagen/Luxembourg: EEA/Office for Official Publications of the European Communities.
- Wijngaart, R.A. van den & J.P.M Ros (2009), *Schoon en Zuinig in breder perspectief*, Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Zeelenberg, S. (2009), *Stedenbouw en duurzaamheid. Een casusanalyse vanuit het perspectief van energiegedrag*, Amsterdam: Rigo Research en Advies BV.

## Interviews

- Machteld van den Broeke (Universiteit Utrecht, afdeling Science, Technology and Society)  
 Bas Eickhout (onderzoeker PBL, biomassa)  
 Hans Elzenga (onderzoeker PBL, CCS)  
 Anco Hoen (onderzoeker PBL, mobiliteit)  
 Marc Londo (onderzoeker ECN, biomassa)  
 André Wakker (ECN, groepsleider hernieuwbare energie)

## Geraadpleegde websites

- [www.agriholland.nl/dossiers/biobrandstoffen](http://www.agriholland.nl/dossiers/biobrandstoffen)  
[www.bioliq.com](http://www.bioliq.com)  
[www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)  
[www.energie.nl](http://www.energie.nl)  
[www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_summaryforpolicymakers.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_summaryforpolicymakers.pdf)  
[www.noord-holland.nl/web/Actueel/Nieuws/Artikel/Leidingen-en-antennemasten.html](http://www.noord-holland.nl/web/Actueel/Nieuws/Artikel/Leidingen-en-antennemasten.html)



# Colofon

## Eindverantwoordelijkheid

Planbureau voor de Leefomgeving

## Onderzoek

Anton van Hoorn (projectleider)

Joost Tennekes

Ruud van den Wijngaart

Joop Oude Lohuis (supervisie)

## Tekstbijdragen

Martijn Verdonk

## Met dank aan

Sander Lensink (ECN), Marc Londo (ECN), Bart Rijken (PBL), Jan Ros (PBL), Dirk Schaap (VROM), Niels Sorel (PBL), Frank Stevens van Abbe (VROM), Frans Vlieg (VROM), André Wakker (ECN), Tiny van der Werff (VROM)

## Beeldredactie

Marian Abels, Filip de Blois

## Eindredactie

Truus van der Spek, Oegstgeest

## Opmaak

Textcetera, Den Haag

## Druk

De Maasstad, Rotterdam

