

Hernieuwbare

energie

in Nederland

2015



Hernieuwbare

energie

in Nederland

2015

Verklaring van tekens

Niets (blanco)	Een cijfer kan op logische gronden niet voorkomen
.	Het cijfer is onbekend, onvoldoende betrouwbaar of geheim
*	Voorlopige cijfers
**	Nader voorlopige cijfers
2015-2016	2015 tot en met 2016
2015/2016	Het gemiddelde over de jaren 2015 tot en met 2016
2015/'16	Oogstjaar, boekjaar, schooljaar enz., beginnend in 2015 en eindigend in 2016
2013/'14-2015/'16	Oogstjaar, boekjaar, enz., 2013/'14 tot en met 2015/'16
W	Watt (1 J/s)
kW	Kilowatt (1,000 J/s)
Wh	Wattuur (3,600 J)
J	Joule
tonne	1 000 kg
M	Mega (10^6)
G	Giga (10^9)
T	Tera (10^{12})
P	Peta (10^{15})
nge	Aardgas equivalent (1 a.e. komt overeen met 31.65 MJ)
mln	Miljoen
mld	Miljard
MWe	Megawatt elektrisch vermogen
MWth	Megawatt thermisch vermogen

In geval van afronding kan het voorkomen dat het weergegeven totaal niet overeenstemt met de som van de getallen.

Colofon

Uitgever

Centraal Bureau voor de Statistiek
Henri Faasdreef 312, 2492 JP Den Haag
www.cbs.nl

Prepress

Studio BCO, Den Haag

Ontwerp

Edenspiekermann

Inlichtingen

ISBN: 978 90 357 1996 5
ISSN: 2210-8521
Tel. 088 570 70 70, fax 070 337 59 94
Via contactformulier: www.cbs.nl/infoservice

© Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen/Bonaire, 2016.
Verveelvoudigen is toegestaan, mits CBS als bron wordt vermeld.

Voorwoord

In dit jaarrapport *Hernieuwbare Energie in Nederland 2015* presenteert CBS de ontwikkelingen op het gebied van hernieuwbare energie voor warmte, elektriciteit en vervoer. Deze publicatie geeft structuur aan de grote hoeveelheid cijfers over dit onderwerp en is bedoeld voor degenen die actief zijn of willen worden in de wereld van de hernieuwbare energie, zoals marktpartijen, onderzoekers, beleidsmakers en studenten.

De belangrijkste conclusie uit het rapport is dat het aandeel hernieuwbare energie in het totale energieverbruik in 2015 met 0,3 procentpunt is gestegen ten opzichte van 2014. Daarmee komt het verbruik van hernieuwbare energie uit op 5,8 procent van het totale energieverbruik. Op Europees niveau is afgesproken dat het aandeel hernieuwbare energie 14 procent moet zijn in 2020.

Het verbruik van hernieuwbare energie in Nederland bedroeg in 2015 in totaal 118 petajoule, dit is ruim 7 procent meer dan in 2014. Omdat het totale energieverbruik in 2015 2 procent hoger lag, werd de groei van het aandeel hernieuwbare energie wat afgeremd.

Biomassa is met bijna 70 procent van het totaal verreweg de grootste bron van hernieuwbare energie. Het energieverbruik uit deze bron is met 2 procent toegenomen. Dat is beduidend minder dan het energieverbruik uit zon, wind en aarde dat gemiddeld met 21 procent is gestegen.

Hernieuwbare energie wordt aangewend voor warmte, elektriciteit en vervoer. In 2015 was ongeveer de helft van het verbruik van hernieuwbare energie bestemd voor warmte, 40 procent voor elektriciteit en ruim 10 procent voor vervoer. Ten opzichte van 2014 is het verbruik van hernieuwbare energie voor warmte en elektriciteit toegenomen. Daarentegen is het verbruik voor vervoer (vloeibare biotransportbrandstoffen) met ongeveer 10 procent gedaald.

Mijn dank gaat uit naar de bedrijven die de vragenlijsten hebben ingevuld en daar waar nodig een aanvullende toelichting hebben verstrekt. Bij de totstandkoming van deze publicatie is samengewerkt met meerdere bedrijven en instituten die hun gegevens en hun kennis van het werkveld ter beschikking hebben gesteld: CertiQ, de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), de Nederlandse Emissieautoriteit, Rijkswaterstaat Leefomgeving, Vertogas, TNO, de Dutch Heat Pump Association (DHPA), de VERAC (branchevereniging voor leveranciers van airconditioning apparatuur), de Nederlandse Vereniging van Biomassa Ketel Leveranciers (NBKL), Polder PV, Holland Solar, Solar Solutions, Probos, de provincies, Arcadis en de Unie van Waterschappen. Het Ministerie van Economische Zaken heeft het onderzoek naar de cijfers over werkgelegenheid gefinancierd.

Directeur-Generaal van de Statistiek

Dr. T.B.P.M. Tjin-A-Tsoi

Den Haag/Heerlen/Bonaire, september 2016

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	7

1. Inleiding 8

1.1	Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie	9
1.2	Gebruikte databronnen	10
1.3	CBS-publicaties over hernieuwbare energie en release policy	11
1.4	Attenderingservice	13
1.5	Internationale cijfers over hernieuwbare energie op internet	13
1.6	Regionale cijfers over hernieuwbare energie	14
1.7	Leeswijzer	14

2. Algemene overzichten 15

2.1	Hernieuwbare energie totaal	16
2.2	Hernieuwbare elektriciteit	18
2.3	Hernieuwbare warmte	21
2.4	Hernieuwbare energie voor vervoer	23
2.5	Internationale vergelijking	26
2.6	Vergelijking methoden voor berekening totaal aandeel hernieuwbare energie	27
2.7	Werkgelegenheid	31
2.8	Subsidies	33

3. Waterkracht 37

4. Windenergie 40

5. Zonne-energie 46

5.1	Zonnestroom	47
5.2	Zonnewarmte	50

6. Aardwarmte en bodemenergie 54

6.1	Aardwarmte	55
6.2	Bodemenergie	56

7. Buitenluchtwarmte 61

8. Biomassa 65

- 8.1 Inleiding **66**
- 8.2 Afvalverbrandingsinstallaties **71**
- 8.3 Meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales **74**
- 8.4 Stoken van biomassa voor elektriciteit bij bedrijven **75**
- 8.5 Stoken van biomassa voor warmte bij bedrijven **76**
- 8.6 Stoken van biomassa door huishoudens **79**
- 8.7 Stortgas **81**
- 8.8 Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties **83**
- 8.9 Biogas, co-vergisting van mest **84**
- 8.10 Overig biogas **88**
- 8.11 Vloeibare biotransport-brandstoffen **90**

Literatuur **96**

Medewerkers **99**

Samenvatting

Het aandeel hernieuwbare energie in het totale energieverbruik is in 2015 met 0,3 procentpunt gestegen ten opzichte van 2014. In 2015 was 5,8 procent van het energieverbruik afkomstig uit hernieuwbare bronnen. In Europees verband is afgesproken dat Nederland in 2020 uitkomt op 14 procent hernieuwbare energie. De meeste hernieuwbare energie, namelijk 70 procent, komt uit biomassa en 20 procent uit windenergie. De bijdrage van andere bronnen als waterkracht, zonne-energie, bodemenergie en warmte uit de buitenlucht, is beperkt.

In 2015 is ruim 13 miljard kilowattuur elektriciteit geproduceerd uit windenergie, waterkracht, zonne-energie en biomassa. Dat is 11 procent van het totale elektriciteitsverbruik; in 2014 was het aandeel 10 procent. De productie van windmolens nam in 2015 met 19 procent toe door uitbreiding van de capaciteit. De productie van elektriciteit uit biomassa bleef ongeveer gelijk. De productie van zonnestroom nam met 40 procent toe. De bijdrage van zonnestroom aan het totale elektriciteitsverbruik groeit maar is nog steeds kleiner dan 1 procent.

Het verbruik van hernieuwbare energie voor warmte steeg in 2015 met 9 procent ten opzichte van 2014. Het aandeel hernieuwbare energie in de warmtevoorziening kwam op 5,4 procent. De stijging in het verbruik van hernieuwbare warmte kwam vooral door een toename van de productie van warmte door afvalverbranding en met biomassaketels bij bedrijven, maar ook bij andere technieken zoals aardwarmte en warmtepompen nam de productie toe.

Hernieuwbare energie was in het vervoer goed voor 5 procent van het totale energieverbruik, ruim een procentpunt minder dan in 2014. Hernieuwbare energie voor vervoer bestaat vooral uit biotransportbrandstoffen. Ongeveer de helft van de gebruikte biobrandstoffen waren milieutechnisch goede biobrandstoffen die, volgens Europese afspraken, dubbel tellen bij de berekening van het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer.

1.

Inleiding

Hernieuwbare energie is al jaren een speerpunt in het Nederlandse energiebeleid. Uit dit speerpunt is een jaarlijkse rapportage voortgekomen over hernieuwbare energie in Nederland. Dit rapport beschrijft de ontwikkelingen van de hernieuwbare energie in 2015. Tevens worden de gebruikte methoden en bronnen toegelicht.

1.1 Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie

Bij het berekenen van de hernieuwbare energie moet een aantal keuzen worden gemaakt, zoals: welke bronnen tellen mee en hoe worden de verschillende vormen van energie opgeteld. Deze keuzen zijn gemaakt in overleg met brancheorganisaties, kennisinstellingen en het ministerie van Economische Zaken en vastgelegd in het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* (RVO.nl en CBS, 2015).

Het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie beschrijft drie methodes om het aandeel hernieuwbare energie uit te rekenen, te weten de bruto-eindverbruikmethode, de substitutiemethode en de primaire-energiemethode.

De bruto-eindverbruikmethode wordt gebruikt in de EU-richtlijn voor hernieuwbare energie uit 2009. In deze richtlijn hebben Europese regeringen en het Europees parlement gezamenlijk afgesproken dat in 2020 20 procent van het energetisch eindverbruik van energie moet komen uit hernieuwbare bronnen. Landen met veel goedkope natuurlijke bronnen voor hernieuwbare energie, zoals Oostenrijk met veel waterkracht, doen meer dan gemiddeld. Landen met weinig goedkope natuurlijke bronnen voor hernieuwbare energie, zoals Nederland, hoeven minder te doen. Voor Nederland geldt een doelstelling van 14 procent hernieuwbare energie voor 2020.

De substitutiemethode berekent hoeveel verbruik van fossiele energie wordt vermeden door het verbruik van hernieuwbare energie. Deze methode werd vanaf de jaren negentig tot en met kabinet-Balkenende IV (2010) gebruikt voor nationale beleidsdoelstellingen. Daarna is de politiek overgestapt op de bruto-eindverbruikmethode. Daarmee is het politieke belang van de substitutiemethode afgenomen. De methode blijft echter wel relevant, omdat ze inzicht geeft in het vermeden verbruik van fossiele energie en de vermeden emissies van CO₂. Het vermijden van dit verbruik en deze emissies zijn de belangrijkste redenen om hernieuwbare energie te bevorderen.

De primaire-energiemethode wordt traditioneel gebruikt in internationale energie-statistieken van het Internationaal Energieagentschap (IEA) en Eurostat.

In paragraaf 2.6 staat meer informatie over de verschillende methoden.

1.2 Gebruikte databronnen

De cijfers zijn gebaseerd op een zeer diverse reeks databronnen. Een belangrijke bron vormen de gegevens uit de administratie van CertiQ, onderdeel van de landelijk netbeheerder TenneT. CertiQ ontvangt maandelijks van de regionale netbeheerders een opgave van de elektriciteitsproductie van een groot deel van de installaties die hernieuwbare stroom produceren. Voor windmolens en waterkrachtcentrales is daarmee meteen de hernieuwbare-elektriciteitsproductie bekend. Voor de hernieuwbare-elektriciteitsproductie uit het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales is naast informatie over de geproduceerde elektriciteit ook informatie nodig over het aandeel biomassa in de totale hoeveelheid gebruikte brandstoffen. De eigenaren van de centrales sturen deze aandelen apart op naar CertiQ. Achteraf moeten de centrales nog een accountantsverklaring overleggen over de juistheid van de gegevens. Eventueel volgen er nog correcties. Op basis van de door CertiQ vastgestelde hernieuwbare-elektriciteitsproductie geeft CertiQ certificaten voor Garanties van Oorsprong van groene stroom. Deze Garanties van Oorsprong zijn een voorwaarde voor het verkrijgen van subsidie. Ook kunnen de Garanties van Oorsprong gebruikt worden om groene stroom aan eindverbruikers te verkopen en te verhandelen. CertiQ registreert ook de productie van hernieuwbare warmte die voor subsidie in aanmerking komt. Ook deze data ontvangt en gebruikt CBS.

Een tweede belangrijke bron zijn de reguliere energie-enquêtes van CBS. Voor de biotransportbrandstoffen, en voor afvalverbrandingsinstallaties zijn deze enquêtes een belangrijke databron, hoewel in toenemende mate gebruik wordt gemaakt van administratieve gegevens van de Nederlandse Emissieautoriteit en Rijkswaterstaat Leefomgeving. Voor informatie over biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties is gebruik gemaakt van de CBS-enquête Zuivering van Afvalwater, welke gecombineerd is met de uitvraag voor de meerjarenafspraken energie (MJA). Voor zonnestroom, zonnewarmte, warmtepompen en houtketels voor warmte bij bedrijven zijn specifieke enquêtes uitgestuurd naar de leveranciers van dergelijke systemen. Warmte/koudeopslag is in kaart gebracht op basis van gegevens over vergunningen van de provincies in het kader van de Grondwaterwet. Voor groen gas (opgevaardeerd biogas dat is ingevoerd in het aardgasnet) is gebruik gemaakt van gegevens van Vertogas. De rol van Vertogas is vergelijkbaar met die van CertiQ.

Het cijfer voor het biogene aandeel van het verbrande afval in afvalverbrandingsinstallaties is afkomstig van Rijkswaterstaat Leefomgeving (voorheen onderdeel van Agentschap NL). De stortgasgegevens komen uit de stortgasenquête van de Werkgroep Afvalregistratie (WAR) van Rijkswaterstaat Leefomgeving en de Vereniging Afvalbedrijven (VA). Aanvullend op de specifieke enquête van CBS hebben de Dutch Heat Pump Association (DHPA) en de VERAC (Vereniging van Leveranciers van Airconditioning Apparatuur) van hun leden de afzetgegevens over warmtepompen geleverd. Per eind 2015 zijn de twee verenigingen samengegaan onder de vlag van DHPA. De gegevens over de huishoudelijke houtkachels zijn afkomstig van TNO.

Als controle en om de nauwkeurigheid te beoordelen is gebruik gemaakt van overheids-milieujaarverslagen en van gegevens van de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA) van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) voor biomassa-installaties. Het gebruik van de bronnen wordt nader toegelicht in de hoofdstukken 3 tot en met 8.

1.3 CBS-publicaties over hernieuwbare energie en release policy

StatLine

StatLine is de elektronische databank van CBS waarin nagenoeg alle gepubliceerde cijfers te vinden zijn, inclusief een korte methodologische toelichting. Momenteel zijn er tien StatLinetabellen over hernieuwbare energie:

1. Hernieuwbare energie; verbruik (ook in het Engels)
2. Hernieuwbare elektriciteit
3. Vloeibare biotransportbrandstoffen (ook in het Engels)
4. Biomassa; verbruik per techniek
5. Aardwarmte en bodemenergie
6. Warmtepompen
7. Windenergie per maand (ook in het Engels)
8. Windenergie op land per provincie
9. Windenergie op land naar ashoogte
10. Zonnewarmte

De jaarcijfers van hernieuwbare energie worden in principe drie keer per jaar geüpdatet. In februari verschijnen voorlopige cijfers over hernieuwbare elektriciteit, in mei voorlopige cijfers over hernieuwbare energie totaal, beide over het voorafgaande jaar. Het aantal uitsplitsingen van de hernieuwbare energie is dan nog beperkt, omdat van veel bronnen nog onvoldoende betrouwbare informatie beschikbaar is. De tweede publicatie van de jaarcijfers is in juni, als de nader voorlopige jaarcijfers verschijnen. Voor elke bron-techniekcombinatie is dan een voorlopig cijfer beschikbaar.

In december kunnen de meeste cijfers als definitief worden gepubliceerd, uitgezonderd die cijfers die afhankelijk zijn van het totale energieverbruik wat pas een jaar later definitief wordt. Voor deze uitzondering gaat het om de cijfers die hernieuwbare energie uitdrukken als het aandeel van een totaal. De cijfers die in december gepubliceerd worden, worden ook gebruikt voor de officiële internationale rapportages.

Over windenergie worden op maandbasis voorlopige cijfers gepubliceerd binnen twee maanden na afloop van de verslagmaand.

Jaarrapport

Dit rapport verschijnt één keer per jaar in september. Het jaartal in de titel heeft steeds betrekking op het meest recente verslagjaar in het rapport. Het jaarrapport is gebaseerd op de nader voorlopige cijfers van juni. De ervaring leert dat de verschillen tussen de nader voorlopige cijfers en de definitieve cijfers voor de meeste onderdelen gering zijn.

Compendium voor de Leefomgeving

Het Compendium voor de Leefomgeving is een website (www.clo.nl) met feiten en cijfers over milieu, natuur en ruimte in Nederland. Het is een uitgave van CBS, het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Wageningen Universiteit en Researchcentrum (Wageningen UR). CBS levert vier indicatoren over hernieuwbare energie:

- verbruik van hernieuwbare energie
- hernieuwbare elektriciteit
- windvermogen in Nederland
- biobrandstoffen

Deze indicatoren bieden een compact overzicht van de beschikbare cijfers op StatLine geïllustreerd met grafieken en voorzien van achtergrondinformatie over beleid en statistische methoden.

Maatwerktabellen

Maatwerktabellen worden op verzoek van gebruikers gemaakt en bevatten cijfers die niet op StatLine te vinden zijn, maar wel op een andere wijze op de CBS-website worden gepubliceerd (zie hieronder). De volgende maatwerk tabellen zijn het afgelopen jaar gepubliceerd:

- Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, uitgesplitst naar sector en type systeem (mei 2016)
- Warmtepompen met gebruik van buitenluchtwarmte 2011-2015* (mei 2016)
- Warmtepompen met gebruik van ondiepe bodemwarmte (mei 2016)
- Zonnestroom naar sector, 2014 (december 2015)
- Aanschafkosten zonnepanelen met Energie-investeringsaftrekregeling (januari 2016)

Vindplaats op CBS-website

De informatie over hernieuwbare energie kunt u het snelst als volgt vinden. Ga naar de homepage van CBS (www.cbs.nl). Bovenaan de homepage vindt u een overzicht van 'Onderwerpen'. Eén van de onderwerpen is 'Economie'. Als u daarop klikt, kunt u kiezen voor de themapagina 'Industrie en energie'. Op de pagina heeft u toegang tot 'Nieuws', 'Cijfers', 'Cijfers in beeld', 'Verdieping' en 'Boeken'. Bij Cijfers staat een voorselectie van tabellen over het thema. Wilt u andere tabellen, scroll dan naar beneden. Daar kunt u klikken op 'Meer cijfers over Industrie en Energie'. In het volgende scherm treft u de mogelijk aan te kiezen voor toegang tot alle Statlinetabellen, waaronder die over hernieuwbare energie. Bij Meer cijfers over industrie en energie vindt u ook de doorklikmogelijkheid naar de maatwerktabellen. Onder Verdieping zijn alle recente artikelen te vinden, maar ook toegang tot het Archief via 'lees meer over'. Bij Boeken treft u onder andere dit rapport aan.

U kunt ook onderaan op de homepage kiezen voor 'Cijfers/Statline'. Als u dat doet, kunt u kiezen tussen zoeken op trefwoord of selecteren via de themaboom. Indien u kiest voor selecteren via de themaboom, moet u vervolgens klikken op 'Industrie en Energie', dan op 'Energie' en tot slot op 'Hernieuwbare energie'.

1.4 Attenderingservice

Wilt u actief op de hoogte gehouden worden van nieuwe CBS-publicaties over hernieuwbare energie, stuur dan een e-mail naar HernieuwbareEnergie@cbs.nl en geef aan dat u wilt worden opgenomen in de mailinglist voor hernieuwbare energiestatistieken.

1.5 Internationale cijfers over hernieuwbare energie op internet

Het adres van de website van Eurostat is <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>. Op de homepage kunt u kiezen voor 'Looking for information on a specific topic'. Kies daar het thema 'Environment and Energy' en dan 'Energy'. Vervolgens krijgt u links bovenaan de keuze uit meerdere onderdelen. Via Data\ 'Main Tables' zijn voorgedefinieerde, samenvattende tabellen te vinden. Via Data\Databases vindt u het equivalent van StatLine. 'Publications' geeft toegang tot de pdf-versie van diverse publicaties. Gedetailleerde Informatie over het aandeel hernieuwbare energie in overeenstemming met de EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie is te vinden via Data\SHARES (renewables). Toegankelijke uitleg is te vinden onder 'Statistics Explained'. Dit onderdeel is toegankelijk vanaf de homepage van Eurostat.

Het adres van de website van het IEA is <http://www.iea.org>. De standaardpublicatie van het IEA over hernieuwbare energie heet *Renewables Information* en is niet vrij beschikbaar, maar te koop als hard copy of als pdf-bestand. Naast het maken van statistiek heeft het IEA ook een paraplufunctie voor diverse techniekgeoriënteerde samenwerkingsverbanden. Deze worden *Technology agreements* of *Implementing agreements* genoemd. Met betrekking tot hernieuwbare energie bestaat er een aantal van dit soort samenwerkingsverbanden, met vaak eigen websites: www.ieabioenergy.com over biomassa, <http://www.iea-pvps.org> over zonnestroom en <http://www.iea-shc.org> over zonnewarmte. Op deze websites zijn diverse publicaties te vinden welke soms ook unieke statistische informatie bevatten.

De officiële publicaties over hernieuwbare energie van Eurostat verschijnen relatief laat na afloop van het verslagjaar en bevatten weinig contextuele informatie. Om toch snel een overzicht te krijgen van de ontwikkelingen en achtergronden daarbij heeft de Europese Commissie opdracht gegeven om per hernieuwbare energietechniek snelle publicaties te maken met een toelichtende tekst over de ontwikkelingen in de belangrijkste landen. Deze publicaties zijn te vinden via de website <http://www.eurobserv-er.org>. Deze publicaties zijn relatief snel na afloop van het verslagjaar beschikbaar. Soms wordt volstaan met schattingen, wat ten koste kan gaan van de kwaliteit van de cijfers. Daarentegen zijn de publicaties van Observ'ER meestal wel geschikt voor een snelle indicatie van de ontwikkelingen in de belangrijkste landen.

Tot slot zijn er Europese brancheverenigingen actief op het gebied van statistische informatie. Zo publiceert de European Wind Energy Association (www.ewea.org) doorgaans

rond 1 februari cijfers over de afzet van windmolens (in MW) per land in het voorafgaande jaar. Ook de brancheorganisatie voor de productie van biodiesel (www.ebb-eu.org), thermische zonne-energiesystemen (www.estif.org) en warmtepompen (www.ehpa.org) presenteren cijfers per land.

1.6 Regionale cijfers over hernieuwbare energie

Het is niet mogelijk om alle cijfers regionaal uit te splitsen. Voor grootschalige technieken zoals afvalverbrandingsinstallaties en het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales heeft dat te maken met de betrouwbaarheid. Uitsplitsing van deze cijfers naar provincie zou ertoe leiden dat cijfers van een individuele installatie herleidbaar zijn.

Voor een aantal andere technieken zijn geen regionale cijfers beschikbaar, omdat CBS de cijfers vaststelt aan de hand van opgaven van landelijk opererende leveranciers van hernieuwbare-energiesystemen (zonne-energie, warmtepompen) of hernieuwbare energie (biobrandstoffen). Om de lastendruk te beperken vraagt CBS niet aan deze leveranciers in welke regio zij hun producten hebben afgezet. Maar zelfs als CBS dit zou vragen, is niet zeker of daarmee wel regionale cijfers gemaakt kunnen worden, omdat deze leveranciers vaak niet direct leveren aan de eindverbruiker.

Voor een aantal technieken zijn wel regionale cijfers beschikbaar. Het gaat om windenergie (hoofdstuk 4), bodemenergie met onttrekking van grondwater (hoofdstuk 6.2) en houtketels voor warmte bij bedrijven (hoofdstuk 8). Op de website van de Klimaatmonitor van Rijkswaterstaat (2016) zijn meer regionale cijfers over hernieuwbare energie beschikbaar. Voor een aantal technieken zijn de CBS-cijfers met verdeelsleutels verder uitgesplitst. Voor andere technieken wordt dat gedeelte van de populatie uitgesplitst waarvoor gegevens beschikbaar zijn.

1.7 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van alle bronnen van hernieuwbare energie. In dit hoofdstuk zijn aparte paragrafen opgenomen over hernieuwbare energie totaal, hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte, hernieuwbare energie voor vervoer en over de internationale hernieuwbare-energiestatistieken. Hoofdstuk 3 beschrijft waterkracht, hoofdstuk 4 windenergie, hoofdstuk 5 zonne-energie, hoofdstuk 6 bodemenergie, hoofdstuk 7 buitenluchtwarmte, en hoofdstuk 8 een hele reeks van technieken om biomassa te benutten.

2.

Algemene overzichten

Dit hoofdstuk geeft een algemeen overzicht over hernieuwbare energie. Eerst volgt een overzicht van het totaal aan hernieuwbare energie met alle vormen van energie bij elkaar waarna uitsplitsingen volgen voor hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en hernieuwbare energie voor vervoer. Daarna komen paragrafen over internationale vergelijkingen, de methode, werkgelegenheid en subsidies.

2.1 Hernieuwbare energie totaal

In de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 is vastgelegd dat 14 procent van het bruto energetisch eindverbruik van energie in 2020 afkomstig moet zijn van hernieuwbare

2.1.1 Bruto eindverbruik van hernieuwbare energie

	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013	2014	2015**	2015**
Eindverbruik van hernieuwbare energie										% van totaal hernieuwbaar
	PJ									
Bron-techniekcombinatie										
Waterkracht ¹⁾	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Windenergie ¹⁾	0,2	1,1	2,7	7,3	16,2	17,8	19,3	20,9	24,9	21,0
wind op land	0,2	1,1	2,7	7,3	13,5	15,0	16,7	18,2	21,2	17,9
wind op zee					2,8	2,8	2,6	2,7	3,7	3,1
Zonne-energie, totaal	0,1	0,2	0,5	0,8	1,2	1,9	2,9	4,0	5,1	4,3
zonnestroom	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	1,8	2,8	4,0	3,4
zonnearmte	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0
Aardwarmte en bodemenergie	.	0,0	0,2	0,6	2,5	3,3	4,1	4,9	6,1	5,1
Buitenluchtenergie	.	0,0	0,0	0,1	0,5	1,0	1,2	1,6	2,0	1,7
Biomassa totaal	21,5	24,2	31,4	48,4	71,6	78,9	76,7	78,7	80,2	67,6
afvalverbrandingsinstallaties	4,1	4,3	9,1	9,8	14,1	17,9	18,5	18,6	20,3	17,1
bij- en meestoken biomassa in centrales			0,0	0,8	13,1	12,9	6,9	.	.	.
biomassaketels bedrijven, elektriciteit	0,4	0,4	1,0	1,4	4,4	4,9	5,3	.	.	.
biomassaketels bedrijven, alleen warmte	1,7	1,9	2,2	4,1	5,5	5,3	5,5	7,6	8,8	7,4
biomassa bij huishoudens	13,2	13,8	14,5	16,1	17,1	17,5	17,9	18,4	18,6	15,7
stortgas	0,2	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	1,4	1,7	1,8	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	1,9	1,6
biogas uit co-vergisting van mest ²⁾				0,0	3,4	3,7	3,7	3,9	4,2	3,6
overig biogas	0,5	0,8	1,0	1,1	2,1	2,6	3,4	3,8	4,3	3,6
vloeibare biotransportbrandstoffen	0,0	0,0	0,0	0,1	9,6	13,4	12,9	15,1	13,3	11,2
Energievorm										
Elektriciteit	2,9	5,1	10,3	26,8	42,2	45,0	43,1	42,5	47,6	40,1
Warmte	19,2	20,8	24,8	30,7	40,7	45,7	49,4	53,9	58,6	49,4
Vervoer	0,0	0,0	0,0	0,1	9,6	12,5	12,1	14,1	12,6	10,6
Totaal eindverbruik hernieuwbare energie	22,1	25,9	35,1	57,6	92,4	103,3	104,6	110,5	118,7	100,0
Berekening aandeel hernieuwbare energie										
Totaal bruto energetisch eindverbruik ³⁾	1 819	2 035	2 140	2 296	2 350	2 188	2 192	1 993**)	2 052	
	%									
Aandeel hernieuwbare energie in bruto energetisch eindverbruik (%)	1,22	1,27	1,64	2,51	3,93	4,72	4,77	5,54**)	5,79	

Bron: CBS.

¹⁾ Inclusief normalisatieprocedure uit de EU-Richtlijn hernieuwbare energie.

²⁾ Tot en met 2004 onderdeel van overig biogas.

³⁾ Berekend volgens definities uit de EU-Richtlijn hernieuwbare energie.

energiebronnen. Deze richtlijn is een gezamenlijk besluit van de regeringen van de EU-landen en het Europees Parlement. Het huidige kabinet had in het regeerakkoord oorspronkelijk afgesproken om te streven naar 16 procent in 2020 (VVD en PvdA, 2012). In het nationaal Energieakkoord is deze 16 procent opgeschoven naar 2023 (SER, 2013).

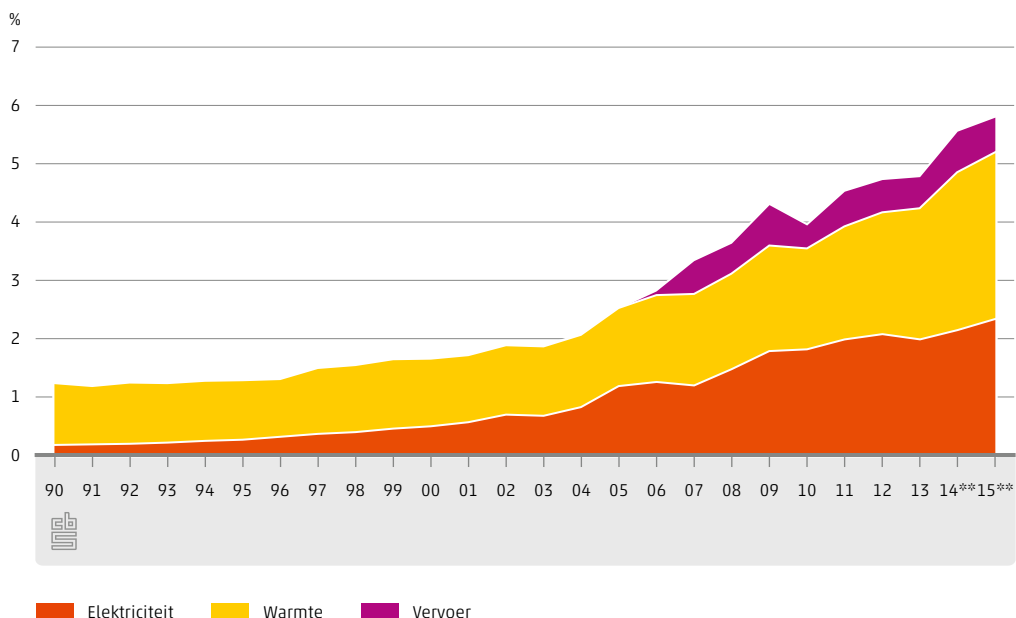
Ontwikkelingen

In 2015 was het aandeel hernieuwbare energie 5,8 procent van het eindverbruik van energie. Dat is 0,3 procentpunt meer dan in 2014. Het verbruik van hernieuwbare energie was in 2015 met bijna 119 petajoule ruim 7 procent hoger dan in 2014. Het verbruik van energie uit biomassa, goed voor bijna 68 procent van het totaal aan hernieuwbare energie, groeide met 1,8 procent relatief weinig. Hiertegenover stonden flinke stijgingen van energie uit zon (+30%) en wind (+19%); samen goed voor een kwart van de hernieuwbare energie.

Het opgestelde vermogen voor windenergie groeide met 520 megawatt. Dat is, afgezet tegen de groei in het verleden, een flinke toename en te danken aan het gereedkomen van enkele grote projecten op land en een op zee.

De bijdrage van zonne-energie aan het energieverbruik uit hernieuwbare bronnen is nog beperkt tot 4 procent. De ontwikkeling van de elektriciteitsproductie uit zonnepanelen was in 2015 met een groei van ruim 40 procent fors te noemen en geheel te danken aan de groei van het opgestelde vermogen van de zonnepanelen. In tegenstelling tot de elektriciteitsproductie toont de warmteproductie met zonnecollectoren maar een zeer bescheiden toename. Het totaal aan oppervlak van de zonnecollectoren neemt dan ook nauwelijks toe.

2.1.2 Aandeel hernieuwbare energie in bruto energetisch eindverbruik van energie



Het eindverbruik van energie uit hernieuwbare bronnen gebeurt in de vorm van elektriciteit (40%), warmte (49%) en biobrandstoffen voor vervoer (11%). De laatste jaren zit de groei vooral bij hernieuwbare warmte, maar in 2015 liet juist ook het verbruik van hernieuwbare elektriciteit een grote toename zien. De groei van het totale vermogen van windmolens en zonnepanelen heeft hier belangrijk aan bijgedragen.

Oorspronkelijk werd alleen hernieuwbare elektriciteit fors ondersteund via de *Milieukwaliteit elektriciteitsproductie* (MEP-regeling) uit 2003 (zie ook 2.8). In 2007 kwam daar de stimulering van biobrandstoffen voor vervoer bij via de zogenaamde bijmengplicht (zie 8.11). In de SDE-regeling uit 2008 konden projecten voor de productie van hernieuwbare warmte ook subsidie krijgen, eerst nog alleen in combinatie met elektriciteitsproductie, maar later ook voor projecten met alleen warmte. Achterliggende reden voor deze veranderingen zijn de Europese doelstellingen voor hernieuwbare energie. Tot en met realisatiejaar 2010 waren er alleen Europese doelstellingen voor hernieuwbare elektriciteit en biobrandstoffen voor vervoer. Vanaf 2010 gaat het vooral om de doelstelling voor het totaal aan hernieuwbare energie. Daarbij is voor een rekenmethode gekozen die hernieuwbare warmte relatief zwaar meetelt (zie ook 2.6), waardoor het stimuleren van hernieuwbare warmte een kosteneffectieve manier is om de doelstelling te halen.

Methode

De methode voor het bepalen van het eindverbruik van hernieuwbare energie wordt per energiebron beschreven in de hoofdstukken 3 tot en met 8. Voor het totale bruto energetisch eindverbruik tot en met 2014 is gebruik gemaakt van de *SHARES*-applicatie (Eurostat, 2015). Deze applicatie berekent het bruto eindverbruik van energie op basis van de jaarvragenlijsten over energie die alle lidstaten jaarlijks invullen en opsturen naar Eurostat en IEA. Het nader voorlopige cijfer van de noemer voor 2015 is berekend uit het 2014-cijfer uit *SHARES* en de mutatie 2015–2014 van het energetisch eindverbruik uit de voorlopige nationale energiebalans 2015 van CBS.

2.2 Hernieuwbare elektriciteit

Tot en met 2010 was er voor hernieuwbare elektriciteit een aparte doelstelling die voortkwam uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Elektriciteit* uit 2001. In de nieuwe *EU-richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 is er geen aparte doelstelling meer opgenomen voor hernieuwbare elektriciteit. Wel moeten lidstaten rapporteren over het geplande en gerealiseerde aandeel hernieuwbare elektriciteit. In het actieplan voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* gaat Nederland er vanuit dat in 2020 37 procent van de gebruikte elektriciteit uit binnenlandse hernieuwbare bronnen komt (Rijksoverheid, 2010).

De productie van windenergie en waterkracht is afhankelijk van het aanbod van wind en water. Op jaarbasis kunnen er flinke fluctuaties zijn. Deze fluctuaties verminderen het zicht op structurele ontwikkelingen. Om deze fluctuaties uit te filteren, zijn normalisatieprocedures gedefinieerd voor elektriciteit uit windenergie en waterkracht. Tabel 2.2.1 geeft de genormaliseerde cijfers en ook de niet genormaliseerde cijfers.

Daarnaast kan onderscheid gemaakt worden tussen de netto en bruto productie van hernieuwbare elektriciteit. Het verschil zit in het eigen verbruik van de installaties. Windmolens, waterkrachtinstallaties en zonnepanelen hebben een klein, verwaarloosbaar, eigen verbruik. Biomassa-installaties hebben juist een relatief groot eigen verbruik. Vooral afvalverbrandingsinstallaties hebben behoorlijk wat elektriciteit nodig voor onder andere

rookgasreiniging. Informatie over het eigen verbruik en de netto productie van installaties op biomassa is te vinden in hoofdstuk 8 en op StatLine.

2.2.1 Bruto hernieuwbare elektriciteitsproductie in Nederland

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015**
Mln kWh								
Wind								
Genormaliseerd ¹⁾	56	314	744	2 033	4 503	5 368	5 810	6 921
waarvan								
op land	56	314	744	2 033	3 737	4 632	5 060	5 889
op zee					765	736	750	1 032
Niet genormaliseerd	56	317	829	2 067	3 993	5 627	5 797	7 577
waarvan								
op land	56	317	829	2 067	3 315	4 856	5 049	6 447
op zee					679	771	748	1 130
Waterkracht								
Genormaliseerd ¹⁾	85	98	100	100	101	101	102	99
Niet genormaliseerd	85	88	142	88	105	114	112	93
Zonnestroom	0	2	8	35	56	487	785	1 108
Biomassa								
Totaal, inclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	668	1 009	2 019	5 279	7 058	6 015	5 096	5 082
Totaal, exclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	665	998	1 999	5 262	7 043	5 954	5 013	4 974
Afvalverbrandingsinstallaties	539	703	1 272	1 266	1 763	2 076	1 909	1 960
Meestoken in elektriciteitscentrales	0	4	208	3 449	3 237	1 814	.	.
Biomassaketels bedrijven, elektriciteit	34	36	234	253	1 015	1 084	.	.
Stortgas								
inclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	19	153	177	148	109	62	56	46
exclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	17	142	158	131	93	55	46	38
Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	71	106	111	123	164	194	201	206
Biogas, co-vergisting van mest ²⁾				9	575	525	525	550
Overig biogas								
inclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	4	7	17	32	196	258	306	346
exclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	4	7	17	32	196	206	233	246
Totaal hernieuwbaar								
Genormaliseerd ¹⁾³⁾	809	1 423	2 871	7 448	11 718	11 969	11 793	13 210
Niet genormaliseerd	807	1 404	2 979	7 452	11 196	12 183	11 707	13 753
Totaal bruto elektriciteitsverbruik	81 098	92 556	108 556	118 222	122 056	119 972	118 138 **	118 771
Aandeel hernieuwbaar in bruto elektriciteitsverbruik (%)								
Genormaliseerd ¹⁾³⁾	1,0	1,5	2,6	6,3	9,6	10,0	10,0**	11,1
Niet genormaliseerd	1,0	1,5	2,7	6,3	9,2	10,2	9,9**	11,6

Bron: CBS.

¹⁾ Volgens procedure uit EU-richtlijn Hernieuwbare Energie uit 2009.

²⁾ Tot en met 2004 onderdeel van overig biogas.

³⁾ Inclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas (biogas dat na opwaardering tot aardgaskwaliteit is geïnjecteerd in aardgasnet).

Ontwikkelingen

In 2015 was de bruto genormaliseerde binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit 11,1 procent van het elektriciteitsverbruik. Dat is een procentpunt meer dan 2014. De afname van de omzetting van biomassa in elektriciteit werd ruim gecompenseerd door de extra productie met vooral windmolens en zonnepanelen.

De genormaliseerde productie van de windmolens was in 2015 6 900 mln kWh. Dit komt overeen met 6 procent van het Nederlandse stroomverbruik en dat was in 2014 nog 5 procent. De genormaliseerde productie was 1 100 mln kWh hoger dan vorig jaar vanwege de uitbreiding van de capaciteit.

De bijdrage van binnenlandse zonnestroom aan de Nederlandse stroomvoorziening is in 2015 gegroeid maar nog beperkt tot 0,9 procent. De groei in 2015 met 41 procent is flink.

Certificaten van Garanties van Oorsprong voor groene stroom

Via CertiQ kunnen binnenlandse producenten van hernieuwbare elektriciteit certificaten van Garanties van Oorsprong (GvO's) krijgen voor hun hernieuwbare stroom. Deze Garantie van Oorsprong is nodig om gebruik te kunnen maken van de subsidies voor groene stroom en om de eindafnemers te garanderen dat de afgenomen groene stroom ook daadwerkelijk groen is. Ook is het mogelijk om Garanties van Oorsprong te importeren.

2.2.2 Overzicht van de Garanties van Oorsprong voor groene stroom van CertiQ, exclusief certificaten voor warmtekrachtkoppeling (mln kWh)

	2002	2003	2004	2005 ²⁾	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	Mln kWh													
Aanmaak uit binnenlandse productie	2 357	2 648	4 077	6 733	8 198	6 704	9 000	10 187	10 701	11 127	12 831	12 058	11 447	13 028
Import	8 149	9 713	10 462	9 799	9 110	12 271	18 924	16 938	15 987	25 534	32 774	39 835	32 496	34 286
Afgeboekt voor levering	3 662	12 315	16 227	14 791	14 567	16 620	21 530	25 372	27 450	33 478	34 953	39 956	37 887	42 702
Verlopen certificaten	6	1 831	297	228	1 227	832	426	844	653	408	666	1 411	1 015	1 255
Teruggetrokken certificaten ¹⁾	20	42	119											
Niet-verhandelbare certificaten ³⁾	0	0	65	339	305	251	328	522	573	589	745	863	828	810
Export	0	0	3	26	186	233	1 476	309	417	3 293	3 817	6 184	7 000	3 491
Voorraad begin van het jaar	636	7 456	5 628	3 455	4 580	5 603	6 643	10 807	10 886	8 480	7 373	12 797	16 277	13 490
Voorraad mutatie	6 819	-1 828	-2 173	1 125	1 023	1 039	4 165	78	-2 406	-1 107	5 424	3 480	-2 787	-873
Voorraad einde van het jaar	7 456	5 628	3 455	4 580	5 603	6 643	10 807	10 886	8 480	7 373	12 797	16 277	13 490	12 617

Bron: CertiQ.

¹⁾ Vanaf 2005 is deze post verdisconteerd met de uitgegeven certificaten.

²⁾ De balans voor 2005 is niet volledig sluitend. Vanwege het geringe verschil (20 mln kWh) is de oorzaak daarvan niet nader onderzocht.

³⁾ Dit zijn certificaten die zijn uitgegeven voor geproduceerde hernieuwbare elektriciteit die door de productieinstallatie zelf direct weer verbruikt is.

De vraag naar groene stroom was in 2015 43 miljard kilowattuur (CertiQ, 2016). Dat zijn de Garanties van Oorsprong die zijn afgeboekt voor levering van groene stroom. Dat is ongeveer 5 miljard kWh meer dan het jaar ervoor en komt overeen met ruim een derde van het totale netto elektriciteitsverbruik.

De binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit was aanzienlijk kleiner dan de vraag naar groene stroom. Daarom is er een forse import van GvO's, die al jaren hoger is dan de aangemaakte GvO's uit de binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit.

De meeste geïmporteerde GvO's komen uit Noorwegen (26 procent), Zweden (19 procent) en Frankrijk (16 procent) (CertiQ 2016). De import van GvO's staat los van de fysieke import van stroom. Dat verklaart waarom de totale import van GvO's in 2013 groter kon zijn dan de fysieke import van stroom en waarom we ook GvO's uit IJsland (CertiQ, 2016) konden importeren, een land waarmee ons elektriciteitsnet niet verbonden is.

Internationaal is er waarschijnlijk nog steeds sprake van een overschot aan GvO's voor groene stroom. Dit is te zien aan het forse aantal verlopen certificaten en het feit dat groene stroom niet, of maar een klein beetje, duurder is dan grijze stroom. De reden voor het overschot is dat in veel andere landen alleen de aanbodzijde van hernieuwbare elektriciteit wordt gestimuleerd, terwijl in Nederland ook de vraagzijde aandacht krijgt via het aanbieden van groene stroom aan eindverbruikers. De toename van de vraag naar groene stroom in Nederland heeft waarschijnlijk niet geleid tot een toename van de productie van groene stroom, in Nederland of elders in Europa, maar alleen tot een toename van het aantal bestaande installaties buiten Nederland dat certificaten aanvraagt.

De aanmaak van certificaten voor GvO's voor binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit is niet precies gelijk aan de daadwerkelijke fysieke productie. Het verschil is de laatste vijf jaar maximaal 10 procent. Er zijn twee belangrijke redenen voor dit verschil. Ten eerste zit er doorgaans één en soms een paar maanden tussen de fysieke productie en de uitgifte van de GvO's. Ten tweede zijn er installaties die wel hernieuwbare elektriciteit maken, maar die geen GvO's aanvragen.

2.3 Hernieuwbare warmte

In tegenstelling tot hernieuwbare elektriciteit en hernieuwbare energie voor vervoer zijn er voor hernieuwbare warmte nooit concrete beleidsdoelstellingen op nationaal of Europees niveau geweest. Voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 zijn landen wel verplicht om te rapporteren over het geplande en gerealiseerde aandeel eindverbruik van energie voor verwarming uit hernieuwbare bronnen. In het bij de EU ingediende actieplan voor hernieuwbare energie geeft Nederland aan dat de regering vooralsnog uitgaat van 9 procent hernieuwbare warmte in 2020 (Rijksoverheid, 2010).

Ontwikkelingen

Het aandeel hernieuwbare warmte groeit geleidelijk. In tegenstelling tot hernieuwbare elektriciteit werd de ontwikkeling van hernieuwbare warmte in het verleden veel minder gestimuleerd door subsidies. De door een wisselend subsidiebeleid veroorzaakte pieken en dalen van het groeitempo, zoals bij hernieuwbare elektriciteit, zijn bij hernieuwbare warmte daardoor niet aanwezig. De beperkte subsidiering van hernieuwbare warmte hangt samen met het ontbreken van concrete beleidsdoelstellingen. In het verleden was er wel een nationale doelstelling voor hernieuwbare energie totaal, maar die heeft tot minder concrete stimuleringsmaatregelen geleid dan de doelstelling voor hernieuwbare elektriciteit.

Inmiddels is er wel wat veranderd. In de nieuwe subsidieregeling SDE was er al een bonus voor warmte bij projecten met gelijktijdige productie van elektriciteit en warmte. Vanaf 2012 is er in de SDE+ ook subsidie voor installaties die alleen warmte uit hernieuwbare bronnen produceren. Wat meespeelt bij deze verandering is dat hernieuwbare warmte een relatief goedkope bijdrage levert aan het aandeel hernieuwbare energie voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* (Lensink et al., 2012) en dat hernieuwbare warmte relatief zwaar meetelt in de rekenmethode voor deze richtlijn (paragraaf 2.6). Doel van de SDE+ is het zo kosteneffectief mogelijk bereiken van de Europese doelstelling van 14 procent hernieuwbare energie in 2020 (Energierapport 2011, Ministerie EL&I, 2011a).

In 2015 groeide het aandeel hernieuwbare warmte in het eindverbruik van energie naar 5,4 procent voor warmte. De toename van het verbruik van hernieuwbare warmte was vooral een gevolg van de uitbreiding van de levering van warmte uit afvalverbrandingsinstallaties, biomassaketels bij bedrijven en aardwarmte-installaties.

2.3.1 Eindverbruik voor verwarming uit hernieuwbare energiebronnen

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015**
TJ								
Zonnewarmte	100	211	454	719	994	1 106	1 128	1 137
Aardwarmte					318	993	1 502	2 462
Bodemenergie	.	31	156	628	2 183	3 147	3 404	3 634
Buitenluchtwarmte	.	7	23	81	536	1 230	1 592	2 019
Biomassa	19 125	20 550	24 153	29 264	36 648	42 890	46 300	49 346
waarvan								
afvalverbrandingsinstallaties	2 203	1 770	4 548	5 241	7 708	11 053	11 757	13 251
meestoken in elektriciteitscentrales	0	1	15	693	1 267	417	.	.
biomassaketels voor warmte bedrijven	1 725	1 946	2 212	4 106	5 477	5 474	7 558	8 761
houtkachels huishoudens	12 949	13 540	14 187	15 857	16 859	17 640	18 111	18 368
houtskool	270	270	270	270	270	270	270	270
decentrale wkk met vaste en vl. biomassa	233	247	188	468	784	1 436	.	.
stortgas ²⁾	157	705	475	351	267	234	233	206
biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	1 142	1 278	1 361	1 306	1 258	1 341	1 288	1 205
biogas, co-vergisting van mest ¹⁾				18	1 333	1 798	2 014	2 239
overig biogas ²⁾	446	792	897	954	1 424	2 425	2 724	3 055
vloeibare biotransportbrandstoffen						802	1 011	766
Totaal hernieuwbaar	19 226	20 798	24 785	30 691	40 679	49 365	53 927	58 598
Totaal eindverbruik voor verwarming	1 083 632	1 236 853	1 212 131	1 265 269	1 300 649	1 192 170	1 045 378**	1 092 915
Aandeel hernieuwbare warmte (%)	1,8	1,7	2,0	2,4	3,1	4,1	5,2**	5,4

Bron: CBS.

¹⁾ Tot en met 2004 onderdeel van overig biogas.

²⁾ Inclusief indirect eindverbruik van warmte uit groen gas (biogas dat na opwaardering is geïnjecteerd in aardgasnet).

De belangrijkste bron voor hernieuwbare warmte zijn de houtkachels van huishoudens. De cijfers hierover bevatten overigens wel de nodige onzekerheid. Impliciete steun van de overheid voor het houtverbruik door huishoudens is de energiebelasting op aardgas en het ontbreken van een energiebelasting op hout. Voor veel huishoudens is geld overigens niet de belangrijkste drijfveer om hout te stoken: sfeer is ook een belangrijke factor. Er is een neerwaartse trend waar te nemen in het aantal open haarden (rendement geschat op 10 procent) en een opwaartse trend bij vrijstaande kachels (rendement geschat op ruim 70 procent).

2.4 Hernieuwbare energie voor vervoer

De EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie uit 2009 bevat niet alleen een bindende doelstelling voor hernieuwbare energie totaal maar ook een bindende doelstelling voor hernieuwbare energie voor vervoer. In 2020 moet het verbruik van hernieuwbare energie voor vervoer 10 procent zijn van het totale verbruik van benzine, diesel, biobrandstoffen en elektriciteit voor vervoer. Om dit doel te bereiken heeft de nationale overheid leveranciers van benzine en diesel verplicht om een (oplopend) aandeel van de geleverde energie uit hernieuwbare bronnen te laten komen (*Wet Milieubeheer, onderdeel Hernieuwbare Energie Vervoer*). Meestal doen ze dat door het bijmengen van biobrandstoffen in gewone benzine of diesel.

Ontwikkelingen

2.4.1 Berekening aandeel hernieuwbaar in eindverbruik van energie voor vervoer volgens de EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie

	Berekening	2010	2011	2012	2013	2014	2015**
Duurzame biobrandstoffen							
Op de markt gebracht (TJ)	A	9 577	13 438	12 527	12 122	14 091	12 549
waarvan							
dubbel tellend (TJ)	B	3 574	6 958	7 368	7 474	8 900	6 179
Op de markt gebracht, inclusief verrekening dubbel telling (TJ)	C=A+B	13 151	20 396	19 895	19 596	22 991	18 727
Hernieuwbare elektriciteit voor railvervoer							
Totaal verbruik elektriciteit voor vervoer (TJ)	D	6 284	6 223	6 275	6 179	5 926	5 602
Gemiddeld aandeel hernieuwbare elektriciteit in EU (%) ¹⁾	E	17	19	20	22	23	25
Rekenfactor voor hernieuwbare elektriciteit in spoorvervoer	F	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Verbruik hernieuwbare elektriciteit voor vervoer (TJ)	G=D×E/100×F	2 666	2 951	3 083	3 349	3 479	3 553
Hernieuwbare elektriciteit voor wegvervoer							
Totaal verbruik elektriciteit voor vervoer (TJ)	H	35	45	72	123	253	253
Gemiddeld aandeel hernieuwbare elektriciteit in EU (%) ¹⁾	I	17	19	20	22	23	25
Rekenfactor voor hernieuwbare elektriciteit in wegvervoer	J=G×H/100×I	5	5	5	5	5	5
Verbruik hernieuwbare elektriciteit voor wegvervoer (TJ)	K=H×I/100×J	30	43	71	133	297	321
Berekening aandeel hernieuwbaar vervoer uit EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie							
Totaal teller (TJ)	L=C+G+K	15 847	23 390	23 048	23 078	26 766	22 601
Noemer (verbruik benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer) (TJ) ²⁾	M	475 843	485 274	465 246	453 379	426 972	430 784
Aandeel hernieuwbare energie voor vervoer (%)	N=L/1000/M*100	3,3	4,8	5,0	5,1	6,3	5,2
Verplicht aandeel hernieuwbare energie voor vervoer voor leveranciers van benzine en diesel in Nederland volgens nationale wetgeving³⁾							
		4,00	4,25	4,50	5,00	5,50	6,25

Bron: CBS.

¹⁾ In overeenstemming met de EU Richtlijn Hernieuwbare Energie gaat het hier om het aandeel hernieuwbare elektriciteit twee jaar voor het referentiejaar. Bron voor data Eurostat (2016).

²⁾ Berekend met voorgeschreven calorische waarden voor benzine en diesel uit de EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie. Deze wijkt wat of van de calorische waarde die het CBS hanteert in de standaard nationale en internationale energiestatistieken.

³⁾ Berekend op een iets andere wijze, zie tekst.

In 2015 was het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer ruim 5 procent, een procentpunt minder dan in 2014. Deze daling is het gevolg van een daling van het verbruik van vloeibare biotransportbrandstoffen, belangrijkste component van hernieuwbare

energie voor vervoer. Deze daling ging samen met een verandering van de wetgeving, waardoor het voor brandstofleveranciers mogelijk is om biobrandstoffen mee te laten tellen voor de verplichting op een moment dat nog niet zeker is dat deze biobrandstoffen op de Nederlandse markt komen. CBS gaat uit van de daadwerkelijke leveringen op de Nederlandse markt. Zie verder ook paragraaf 8.11 en de methodebeschrijving hieronder.

Bij de berekening van het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer tellen biobrandstoffen uit afval dubbel. Het aandeel dubbeltellende biobrandstoffen is, sinds de introductie van de dubbeltellingsregeling in 2009, tot en met 2012 steeds gestegen, daarna stabiel en het laatste jaar gedaald. Deze ontwikkeling is te verklaren doordat de laatste jaren bijna alle op de markt gebrachte biodiesel dubbel tellend is en voor biobenzine het aandeel dubbel tellend beperkt blijft. In 2015 is vooral het verbruik van biodiesel gedaald (zie 8.11).

Ook elektriciteit voor railvervoer levert een substantiële bijdrage, mede doordat gerekend mag worden met het EU-gemiddelde aandeel hernieuwbare elektriciteit (veel hoger dan het Nederlandse) en sinds kort ook met rekenfactor van 2,5 (zie methode hieronder). Elektriciteit voor wegvervoer levert nog maar een marginale bijdrage, ondanks de relatief sterke groei en de rekenfactor van 5 uit de Richtlijn Hernieuwbare Energie.

Het verplichte aandeel hernieuwbare energie voor vervoer uit de nationale wet *Besluit Hernieuwbare Energie voor Vervoer* wordt op een iets andere manier berekend dan het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* (zie methodesectie). Daardoor loopt het gerealiseerde aandeel hernieuwbare energie voor vervoer volgens de EU-richtlijn niet precies gelijk op met het verplichte aandeel hernieuwbare energie voor vervoer volgens de nationale wet *Besluit Hernieuwbare Energie voor Vervoer*.

Methode

Voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* tellen alleen biobrandstoffen mee welke voldoen aan duurzaamheidscriteria uit deze Richtlijn. Het gebruik van duurzame biobrandstoffen is bepaald zoals beschreven in 8.11.

In september 2015 is een aanpassing van de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* gepubliceerd (Europees Parlement en de Raad, 2015). Deze aanpassing staat bekend als de ILUC Richtlijn, voortvloeiend uit discussie over de duurzaamheid van het gebruik van biobrandstoffen. In het bijzonder gaat het dan om indirecte effecten op het landgebruik (Indirect Land Use Change, ILUC), waarmee wordt bedoeld dat de teelt van gewassen voor biobrandstoffen ongunstige verschuivingen in het landgebruik kan veroorzaken. Het is heel lastig om dergelijke effecten precies uit te rekenen, maar een meerderheid van de verantwoordelijke politici vond de verschenen studies daarover voldoende overtuigend om het gebruik van biobrandstoffen voor vervoer uit voedselgewassen te beperken tot 7 procent van het totaal verbruik van benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer.

Een tweede aanpassing van de Richtlijn is dat er meer aandacht is voor milieutechnische goede biobrandstoffen, die, net als in de oorspronkelijke Richtlijn, dubbel mogen tellen voor het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer (maar niet voor de doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie in het totaal verbruik). De aanpassing betreft vooral het

preciezer weergeven welke biobrandstoffen dubbel mogen tellen en het splitsen van deze groep in twee subgroepen: geavanceerde biobrandstoffen en biobrandstoffen uit dierlijk vet en gebruikt frituurvet. Voor het verbruik van biobrandstoffen uit de eerste subgroep geldt een apart indicatief doel van 0,5 procent van het totaal verbruik van benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer in 2020. De bepaling van het aandeel dubbeltellende biobrandstoffen in Nederland is beschreven in 8.11 en verandert niet wezenlijk door aanpassing van de Richtlijn.

Een derde aanpassing betreft het extra stimuleren van het verbruik van elektriciteit voor vervoer. De bijdrage van hernieuwbare elektriciteit voor rail- en wegvervoer is bepaald op basis van het totale verbruik van elektriciteit voor rail- en wegvervoer vermenigvuldigd met het EU-aandeel hernieuwbare elektriciteit twee jaar voor het verslagjaar. Deze verschuiving van twee jaar is een bestaande afspraak uit de EU-richtlijn. De richtlijn geeft landen de keus om voor de berekening van het verbruik van hernieuwbare elektriciteit voor vervoer te kiezen uit het aandeel hernieuwbare elektriciteit uit het eigen land of het aandeel hernieuwbare elektriciteit uit de EU. Nederland heeft gekozen voor het EU-aandeel. Dat is namelijk aanmerkelijk hoger. In de oorspronkelijke EU-Richtlijn is afgesproken dat het verbruik van hernieuwbare elektriciteit voor wegvervoer met 2,5 wordt vermenigvuldigd. Deze factor is in de nieuwe Richtlijn verhoogd naar 5. In de aangepaste Richtlijn is ook een vermenigvuldigingsfactor voor elektriciteit voor railvervoer geïntroduceerd. Deze is 2,5. Het verbruik van elektriciteit voor weg- en railvervoer is overgenomen uit de CBS-energiebalans, met voorlopige cijfers voor 2015. Waarschijnlijk wordt het verbruik van elektriciteit voor wegvervoer voor 2015 nog naar boven bijgesteld.

Via de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* uit 2015 (voortbouwend op vergelijkbare wetten met verplichtingen) zijn Nederlandse oliebedrijven verplicht om hernieuwbare energie op de markt te brengen. Deze verplichting geldt voor een oplopend percentage van de in Nederland geleverde benzine en diesel. In 2014 was dat percentage 5,5 procent en in 2015 6,25 procent en dit loopt op naar 10 procent in 2020. De berekening voor het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer uit de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* (zoals toegepast door NEa) is niet precies hetzelfde als de berekening volgens de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* zoals in tabel 2.4.1., waardoor de resulterende percentages verschillen. De rekenwijze verschilt op de volgende onderdelen:

- Carry-over: Oliebedrijven hebben de voor de wet *Hernieuwbare Energie voor Vervoer* de mogelijkheid om het ene jaar meer te doen en het andere jaar minder. De EU-Richtlijn kent deze verschuiving niet en gaat uit van de fysieke leveringen in het verslagjaar. Deze flexibiliteit verlaagt de kosten voor de oliebedrijven.
- Hernieuwbare elektriciteit voor railvervoer: Elektriciteit voor railvervoer is geen onderdeel van de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer*, maar telt wel mee voor de EU-doelstelling via het EU-gemiddelde aandeel hernieuwbare elektriciteit.
- Biogas: Voor de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* kan biogas meetellen voor de verplichting via fysieke levering van aardgas aan wegvervoer in combinatie met een bewijs dat ergens in Nederland groen gas is toegevoegd aan het aardgasnet. Voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* telt alleen de fysieke levering van biogas aan vervoer. Deze levering is nog verwaarloosbaar in Nederland, omdat het aandeel groen gas in het aardgasnet nog zeer klein is (zie ook 8.1).
- Biobrandstoffen voor mobiele werktuigen: Mobiele werktuigen in de bouw en landbouw gebruiken net als veel wegvoertuigen diesel. In deze diesel zit ook biodiesel bijgemengd. Voor de *EU-richtlijn Hernieuwbare Energie* valt het gebruik van (bio)diesel voor deze mobiele werktuigen niet onder vervoer en telt deze dus niet mee voor het

verplichte aandeel hernieuwbare energie voor vervoer. Voor de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* tellen de biobrandstoffen geleverd aan mobiele werktuigen wel mee bij het voldoen aan de verplichting.

- Berekening noemer: in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* gaat het tot en met 2014 alleen om benzine en diesel voor wegvervoer. In de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* gaat het ook om diesel voor mobiele werktuigen, zoals tractoren en werktuigen voor de bouw.
- Telmoment: Voor de Richtlijn Hernieuwbare Energie worden biobrandstoffen geteld op het moment dat ze volgens de energiestatistiek fysiek op de Nederlandse markt komen. Dat is het moment dat er accijns wordt afgedragen. Voor de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* kunnen sinds 2015 biobrandstoffen geteld worden op het moment dat de biobrandstoffen aan een Nederlandse afnemer zijn verkocht. Een eventueel daarop volgende export van de biobrandstoffen is voor de wet niet van belang.

2.5 Internationale vergelijking

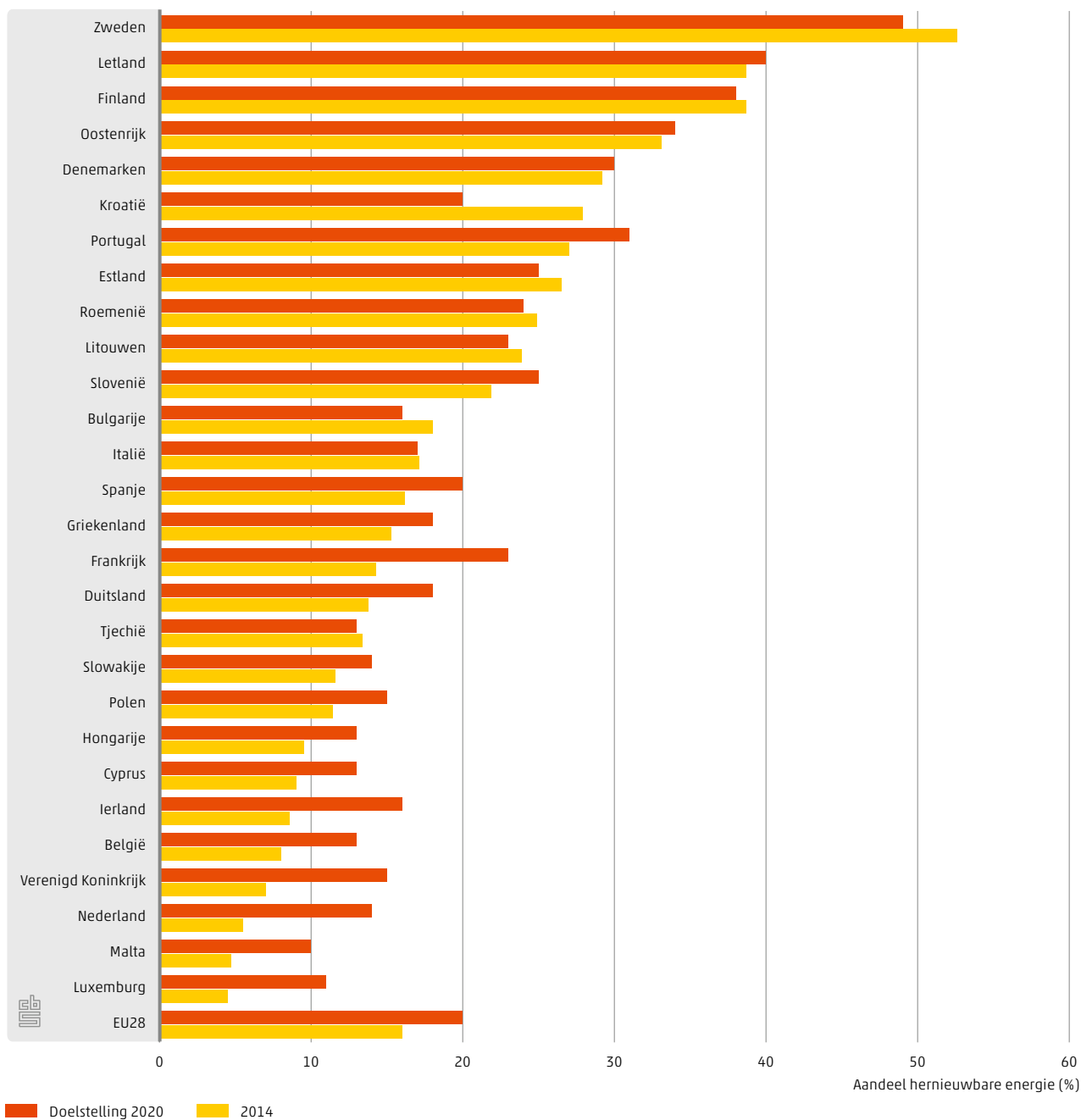
Nederland heeft weinig hernieuwbare energie ten opzichte van veel andere Europese landen. In de ranglijst voor het aandeel hernieuwbare energie staat ons land op de derde plaats van onderen. Komt in 2014 in Nederland 5,5 procent van alle energie uit hernieuwbare bronnen, bij koploper Zweden is dit zelfs meer dan 50 procent.

Er zijn drie belangrijke redenen waarom Nederland zo laag staat op de Europese ranglijst. Ten eerste hebben we nauwelijks waterkracht door de geringe hoogteverschillen in onze rivieren. Ten tweede wordt er weinig hout verbruikt door huishoudens. In Nederland hebben bijna alle huishoudens een aardgas aansluiting en soms stadsverwarming. In veel andere landen ontbreken deze aansluitingen op het platteland. Hout concurreert in Nederland dus altijd met het makkelijke en goedkope gas of met stadsverwarming. In het buitenland zijn er veel gebieden waar hout alleen concurreert met elektriciteit, kolen of olie. Deze laatste drie energiedragers zijn relatief duur en en/of bewerkelijk. In die gebieden is hout daarom relatief snel aantrekkelijk.

Er is een derde reden waarom het aandeel hernieuwbare energie in Nederland lager is dan in bijvoorbeeld Denemarken, Duitsland of Spanje. In deze landen heeft de overheid 'nieuwe' vormen van hernieuwbare energie zoals windenergie of zonnestroom meer gesteund dan in ons land. Dit is een politieke keuze. Direct of indirect kost het stimuleren van deze vormen van hernieuwbare energie geld en in Nederland heeft de politiek dat er niet altijd voor over gehad.

Sinds 2014 is hierin wel verandering gekomen met het 'op stoom komen' van de SDE+-subsidierегeling en de forse verhogingen van de subsidiebudgetten (zie verder paragraaf 2.8 Subsidies). De ruimere subsidiemogelijkheden zijn echter nog beperkt zichtbaar in de realisatiecijfers, omdat vooral voor de grote projecten er veel tijd zit tussen plannen, aanvraag en realisatie.

2.5.1 Aandeel hernieuwbare energie in bruto energetisch eindverbruik



2.6 Vergelijking methoden voor berekening totaal aandeel hernieuwbare energie

Het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* beschrijft drie methodes om het aandeel hernieuwbare energie uit te rekenen, namelijk de bruto-eindverbruikmethode, de substitutiemethode en de primaire energiemethode.

Bruto-eindverbruikmethode

In de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 hebben Europese regeringen en het Europees Parlement gezamenlijk afgesproken om 20 procent van het energetisch eindverbruik van energie in 2020 uit hernieuwbare bronnen te laten komen. In de richtlijn is het eindverbruik opgebouwd uit drie componenten: elektriciteit, warmte en vervoer. Voor elektriciteit is het eindverbruik van hernieuwbare energie gelijk gesteld aan de bruto binnenlandse productie. Voor warmte is het bruto eindverbruik van hernieuwbare energie gelijk aan het eindverbruik van hernieuwbare energiedragers (bijvoorbeeld de inzet van hout in kachels) plus de verkochte warmte uit hernieuwbare bronnen. Voor vervoer gaat het om de biobrandstoffen die geleverd zijn op de nationale markt, al dan niet gemengd in gewone benzine en diesel. Leveringen aan vliegtuigen tellen wel mee, leveringen aan internationale scheepvaart niet.

Voor het totale eindverbruik van energie (de noemer) gaat het bij de EU-richtlijn alleen om het eindverbruik van energie in de industrie (exclusief raffinaderijen), de dienstensector, de landbouw, huishoudens en vervoer. Daar komt dan nog een kleine bijdrage van de transportverliezen van elektriciteit en warmte en het eigen verbruik van elektriciteit en warmte voor elektriciteitsproductie bij. Het andere eigen verbruik van de energiesector, zoals de ondervuring bij de raffinaderijen, telt niet mee. Het gaat alleen om het energetisch verbruik van energie. Het niet-energetisch verbruik van energie, bijvoorbeeld olie of biomassa voor het maken van plastics, telt niet mee.

Vloeibare biomassa telt in de *EU-Richtlijn hernieuwbare energie* alleen mee als deze voldoet aan de duurzaamheidscriteria uit deze Richtlijn. Voor de gewone energiestatistieken van CBS, Eurostat en IEA telt alle vloeibare biomassa mee.

Tot slot vindt er een correctie plaats voor landen met een groot aandeel energieverbruik voor vliegverkeer. Voor Nederland resulteert deze correctie voor 2014 in een verlaging van het totale eindverbruik van energie met ruim 1 procent.

Een bijzonder aspect bij de bruto eindverbruikmethode in de richtlijn *Hernieuwbare Energie* is dat de elektriciteitsproductie uit windenergie en waterkracht wordt genormaliseerd om te corrigeren voor jaren met veel of weinig wind of neerslag. Voor wind is de normalisatieperiode vijf jaar en voor water vijftien jaar.

Substitutiemethode

De substitutiemethode berekent hoeveel verbruik van fossiele energie wordt vermeden door het verbruik van hernieuwbare energie. Deze methode werd sinds de jaren negentig gebruikt voor nationale beleidsdoelstellingen. Het eerste kabinet-Rutte heeft de nationale beleidsdoelstelling voor hernieuwbare energie echter losgelaten en daarmee is het politieke belang van deze methode afgenomen. Maar de methode blijft wel relevant, omdat ze inzicht geeft in het vermeden verbruik van fossiele energie en de vermeden emissie van CO₂. Deze effecten zijn belangrijke motieven om het verbruik van hernieuwbare energie te bevorderen.

2.6.1 Referentierendementen en CO₂ emissiefactor voor elektriciteitsproductie

	Rendement	CO ₂ -emissiefactor voor inzet elektriciteitsproductie	
	%	kg/GJ primaire energie	
1990		37,4	71,5
1995		37,4	71,1
2000		39,7	71,3
2005		39,9	68,9
2010		42,3	67,4
2011		43,4	67,4
2012		41,9	71,1
2013		42,4	73,6
2014		41,5	73,5
2015**		41,5	73,5

Bron: CBS.

Uitgangspunten bij de substitutiemethode zijn de productie van hernieuwbare elektriciteit, de productie van hernieuwbare nuttige warmte en het verbruik van biobrandstoffen. Daarna wordt bepaald hoeveel fossiele energie nodig geweest zou zijn om dezelfde hoeveelheid elektriciteit, warmte of transportbrandstoffen te maken. Daarbij wordt gebruik gemaakt van referentietechnologieën die zijn gedefinieerd in het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*. Voor de nader voorlopige cijfers voor 2015 is voor het referentierendement voor elektriciteit uitgegaan van de definitieve 2014 cijfers (CBS, 2016).

Vooraf voor windenergie is er soms discussie of de gekozen referentie de juiste is. Windenergie is niet constant en niet volledig voorspelbaar. Fluctuaties worden opgevangen door conventionele centrales. Deze moeten daardoor vaker op- en afgeregeld worden, wat ten koste gaat van het rendement. Volgens de website www.windenergie.nl van de overheid laat onderzoek zien dat in Duitsland, met veel meer windenergie dan in Nederland, ongeveer 8 procent van de CO₂-winst verloren gaat. Deze 8 procent valt binnen de marge van andere onzekerheden die samenhangen met de gekozen referentie, zoals het niet meenemen van de broeikasgasemissies gerelateerd aan de bouw van windmolens en conventionele energiecentrales, het niet meenemen van de broeikasgasemissies bij de winning en transport van kolen en gas en de effecten van windenergie op beslissingen over de bouw van nieuwe centrales en het uit-gebruik-nemen van oude centrales.

Primaire-energiemethode

De primaire-energiemethode wordt gebruikt in internationale energiestatistieken van het Internationaal Energieagentschap (IEA) en Eurostat. Net als het IEA en Eurostat gebruikt het CBS deze methode in de *Energiebalans*. Bij de primaire-energiemethode is de eerst meetbare en bruikbare vorm van energie het uitgangspunt. Bij windenergie gaat het om de elektriciteitsproductie. Bij biomassa om de energie-inhoud en niet om de elektriciteit of warmte die uit de biomassa wordt gemaakt. Biomassa komt pas binnen het systeem van de energiestatistieken (als winning) op het moment dat het geschikt en bestemd is voor gebruik als energiedrager. Koolzaad is dus nog geen biomassa, biodiesel wel. Mest nog niet, biogas uit mest wel.

Er is een verschil in het primair verbruik van biomassa volgens de energiebalansen van CBS, het IEA en Eurostat. In de internationale energiebalansen zijn bijgemengde biobrandstoffen meegenomen als onderdeel van biomassa, in de Energiebalans van CBS zijn de bijgemengde biobrandstoffen onderdeel van aardolieproducten. Na het bijmengen zijn biobrandstoffen in de Energiebalans dus niet meer als aparte producten herkenbaar. Het bijmengen telt daarom als primair verbruik. In de IEA/Eurostat-balansen is het primair verbruik van biobrandstoffen gelijk aan de leveringen op de binnenlandse markt van bijgemengde en eventueel ook pure biobrandstoffen. Bijgemengde biobrandstoffen worden geïmporteerd en geëxporteerd, waardoor het bijmengen niet gelijk is aan de leveringen op de markt.

De gereviseerde cijfers van de statistiek hernieuwbare energie zijn nog niet verwerkt in de nationale energiebalans. De cijfers in tabel 2.6.2 representeren het primair verbruik volgens de gereviseerde gegevens uit de statistiek hernieuwbare energie (net als voor de andere twee methoden). Gevolg daarvan is dat cijfers in deze tabel voor de houtkachels voor huishoudens niet overeen stemmen met het primair verbruik zoals dat beschikbaar is via de nationale Energiebalansen.

2.6.2 Vergelijking tussen verschillende methodes voor de berekening van aandeel hernieuwbare energie in Nederland, 2015**

	Bruto eindverbruik (volgens EU-richtlijn hernieuwbare energie)	Vermeden verbruik fossiele primaire energie (substitutiemethode)	Verbruik primaire energie
Verbruik hernieuwbare energie (TJ)			
Naar Bron/techniek			
Waterkracht	355	856	334
Windenergie	24 915	60 110	27 278
Zonnestroom	3 990	9 614	3 990
Zonnewarmte	1 137	1 179	1 137
Aardwarmte	2 462	2 439	2 462
Bodemwamte	3 634	2 319	
Bodemkoude		1 050	
Buitenluchtwarmte	2 019	446	
Afvalverbrandingsinstallaties, biogeen afval	20 307	25 945	39 512
Meestoken in centrales en verbruik van vaste en vloeibare biomassa bij bedrijven voor elektriciteit	8 333	16 318	21 788
Biomassaketels voor warmte bij bedrijven	8 761	8 402	8 889
Houtkachels huishoudens	18 368	12 087	18 368
Houtskool verbruik	270		270
Stortgas	371	574	793
Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	1 948	1 936	2 316
Biogas, co-vergisting van mest	4 217	5 800	5 207
Overig biogas	4 302	4 704	5 517
Vloeibare biotransportbrandstoffen	13 314	13 314	13 439
Naar energievorm			
Elektriciteit	47 555	107 907	
Warmte	58 598	46 637	
Vervoer	12 550	12 551	
Totaal hernieuwbaar	118 704	167 095	151 301
Berekening aandeel hernieuwbaar in energieverbruik			
Totaal primair energieverbruik (PJ)		3 080	3 051
Totaal energetisch eindverbruik van energie (PJ)	2 052		
Aandeel hernieuwbaar (%)	5,79	5,43	4,96

Bron: CBS.

Vergelijking tussen methoden

De drie methoden verschillen dus sterk van elkaar. Voor alledrie methoden is wat te zeggen en ze worden ook alledrie gebruikt. Daarom is voor de drie methoden het aandeel hernieuwbare energie uitgerekend.

De resulterende percentages voor het aandeel hernieuwbare energie in 2015 is voor de bruto eindverbruik methode duidelijk hoger. Ook de bijdrage van de verschillende componenten verschilt veel. Zo telt in de substitutiemethode hernieuwbare elektriciteit veel zwaarder mee. Dat komt omdat in de twee andere methoden alleen de geproduceerde elektriciteit telt, terwijl het in de substitutiemethode gaat om de fossiele energie die een gemiddelde centrale nodig zou hebben om dezelfde hoeveelheid elektriciteit te produceren. Dat is twee á tweeënhalf maal zoveel. Daar staat tegenover dat in de substitutiemethode het houtverbruik bij huishoudens veel minder zwaar meetelt, omdat het gemiddeld lage rendement van de houtkachels wordt verdisconteerd. Bij de primaire-energiemethode is afvalverbranding de belangrijkste bron. Dat komt omdat hier de energie-inhoud van het verbrande afval telt en niet de geproduceerde elektriciteit en warmte. Van belang is verder dat de noemer bij de bruto-eindverbruikmethode aanzienlijk kleiner is. Dat komt vooral omdat hierin de omzettingsverliezen bij elektriciteitsproductie en het niet-energetisch verbruik van energie niet zijn meegenomen.

Nadeel van de substitutiemethode is dat deze ingewikkeld is. Voordeel is dat deze de beste benadering geeft van het vermeden verbruik van fossiele energie en vermeden emissies van CO₂; belangrijke redenen voor het stimuleren van hernieuwbare energie (CBS, 2010, Segers, 2008).

2.7 Werkgelegenheid

Een belangrijke reden voor het stimuleren van hernieuwbare energie is het vermijden van het verbruik van fossiele energie en de daaraan gekoppelde broeikasgasemissies. Het stimuleren van de economie wordt echter regelmatig genoemd als nevendoeel. In Nederland is dit nevendoeel de laatste tijd belangrijker geworden. Dat heeft als gevolg dat de overheid Green Deals sluit met het bedrijfsleven, in topsectorenbeleid economische en energiedoelen worden gecombineerd en in het Energieakkoord een apart doel is opgenomen over werkgelegenheid.

Ontwikkelingen

Tabel 2.7.1 geeft een overzicht van de resultaten voor de werkgelegenheid in de hernieuwbare energiesector. Het gaat hierbij om werkgelegenheid gerelateerd aan de exploitatie van hernieuwbare energiesystemen (bijvoorbeeld onderhoud van windmolens) en de bouw van nieuwe systemen (bijvoorbeeld werk in een fabriek die machines maakt voor de productie van zonnepanelen).

2.7.1 Werkgelegenheid in de hernieuwbare energiesector (exclusief bioraffinage)

	2010	2011	2012	2013	2014
	voltijdsequivalenten				
Wind	3 700	4 000	4 400	4 400	4 700
Zon	2 900	3 400	4 900	6 400	5 400
Water, bodem en buitenlucht	1 900	2 000	2 000	1 900	1 800
Biogas	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Overige biomassa	3 500	3 900	2 900	2 700	2 600
Totaal	13 200	14 500	15 400	16 600	15 700

Bron: CBS.

De totale werkgelegenheid voor de productie en exploitatie van hernieuwbare energiesystemen (dus exclusief energiebesparing) bedraagt in 2014 ongeveer 16 duizend voltijdbanen. De belangrijkste technieken voor wat betreft de werkgelegenheid zijn windenergie en zonne-energie. Bij windenergie gaat het voor een groot deel om werk in de offshore sector. Nederlandse bedrijven dragen niet alleen bij aan parken in Nederland, maar ook aan parken in andere landen. Bij zonne-energie gaat het vooral om installatiewerk voor panelen in Nederland. De sterke groei in het geïnstalleerd vermogen (zie ook paragraaf 5.1) tussen 2010 en 2013 verklaart de groei in werkgelegenheid in die periode. De afname van die groei in 2014 is verklarend voor de afname van de werkgelegenheid in dat jaar. De werkgelegenheid voor 'overige biomassa' neemt verder af. In 2010 en 2011 werd nog druk gebouwd aan nieuwe biobrandstoffabrieken. In de laatste jaren zijn er geen nieuwe grote projecten bijgekomen.

De totale werkgelegenheid in Nederland in 2014 was 7 miljoen voltijdsequivalenten (inclusief zelfstandigen). De hernieuwbare energiesector leverde hieraan dus een bijdrage van ongeveer een kwart procent.

Methode

Bovenstaande cijfers zijn gebaseerd op cijfers zoals CBS deze maakt voor de Nationale Energieverkenning die in oktober 2016 zal verschijnen. In de NEV staan ook andere economische indicatoren dan werkgelegenheid, bijvoorbeeld toegevoegde waarde. De gebruikte methode is beschreven in *Economic Radar of the Sustainable energy sector in the Netherlands* (CBS, 2014).

Belangrijk aandachtspunt bij vergelijking van de cijfers in de Radar met de cijfers die in deze paragraaf staan, is dat in deze paragraaf de scope is beperkt tot die activiteiten die direct te maken hebben met het bouwen, installeren of exploiteren van systemen voor hernieuwbare energie, terwijl in de Radar een brede definitie wordt gehanteerd voor de duurzame energiesector. Daardoor worden in de Radar ook energiebesparing, elektrisch rijden, smart grids en het gebruik van biomassa voor nieuwe niet-energetische toepassingen (zoals bioplastics) meegenomen.

2.8 Subsidies

Onder de huidige marktcondities is hernieuwbare energie in de meeste situaties duurder dan fossiele energie. Om de productie en het verbruik van hernieuwbare energie te stimuleren stelt de overheid subsidies beschikbaar, geeft belastingkortingen en stelt verplichtingen vast voor het gebruik van hernieuwbare energie.

MEP en SDE

De oudste ingrijpende overheidsmaatregel is de MEP-subsidie (*Milieukwaliteit elektriciteitsproductie*). Voor de MEP konden van halverwege 2003 tot half augustus 2006 aanvragen worden ingediend. Na start van een project is er tien jaar recht op subsidie voor de productie van hernieuwbare elektriciteit. Het bedrag verschilt per technologie. In augustus 2006 is de MEP gesloten voor nieuwe projecten, omdat de kosten uit de hand dreigden te lopen en omdat het beoogde doel (9 procent hernieuwbare elektriciteit in 2010) binnen bereik kwam (Minister van Economische Zaken, 2006). Die doelstelling is inderdaad gehaald.

Na 2010 streeft de overheid naar verdere groei van productie en verbruik van hernieuwbare energie. Daarom is de MEP in 2008 opgevolgd door een nieuwe subsidieregeling: de *Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie* (SDE). Belangrijke verschillen met de MEP zijn:

- De SDE richt zich niet alleen op hernieuwbare elektriciteit, maar ook op groen gas en hernieuwbare warmte.
- De subsidie is afhankelijk van de marktprijs van gewone stroom of aardgas: hoe hoger de prijs voor gewone stroom of aardgas, hoe kleiner het prijsverschil tussen conventionele en hernieuwbare energie en hoe lager de subsidie.
- Elk jaar wordt een subsidieplafond vastgesteld. Het is dus geen open-einde-regeling.
- De regeling wordt elk jaar aangepast. Daarmee speelt de overheid in op nieuwe markt- en beleidsontwikkelingen. Voor ondernemers kunnen deze aanpassingen wel lastig zijn, omdat het plannen van een project vaak meerdere jaren duurt.

Vanaf 2011 heet de regeling SDE+. Belangrijke verschillen ten opzichte van de oorspronkelijke SDE zijn:

- In de SDE was er voor iedere techniek een apart tarief (subsidie per eenheid geproduceerde energie) en maximumbedrag beschikbaar. In de SDE+ zijn er geen vaste tarieven meer per techniek en ook geen apart subsidiebudget per techniek. De regeling wordt in een aantal ronden opengesteld, met een stapsgewijs oplopend tarief. Na elke ronde wordt gekeken of het beschikbare budget al is uitgeput. Alleen indien er nog geld is, gaat de regeling open met het hogere tarief. Zo stimuleert de overheid projecten die de minste subsidie nodig hebben per eenheid geproduceerde energie. Achterliggend doel is het halen van de Europese doelstelling met zo min mogelijk subsidie.
- In de SDE was er alleen een stimulans voor hernieuwbare-warmteproductie, indien deze werd gecombineerd met elektriciteitsproductie. In de SDE+ is vanaf 2012 ook plek voor projecten die alleen hernieuwbare warmte produceren.

Tussen het bedenken van de aanvraag en de realisatie van een project zit vaak een paar jaar. Deze tijd is onder andere nodig voor vergunningen, ontwerp, financiering en bouw.

Dat verklaart waarom de effecten van veranderingen in de subsidieregelingen pas na enige jaren zichtbaar worden in de meting van nieuwe productie van hernieuwbare energie. Zo is het stopzetten van de MEP in 2006 pas zichtbaar in 2009 door het opdrogen van nieuwe gerealiseerde projecten. 2013 was pas het eerste jaar dat het bijgeplaatst vermogen voor windenergie weer op hetzelfde niveau was als de periode dat er veel molens met MEP-subsidie in gebruik werden genomen (2003–2009). En in 2014 wordt voor het eerst een substantiële groei van de biomassaketels voor warmte bij bedrijven zichtbaar.

2.8.1 SDE-budgetplafond¹⁾

	Miljard euro
2011	1,5
2012	1,7
2013	3,0
2014	3,5
2015	3,5
2016	9,0

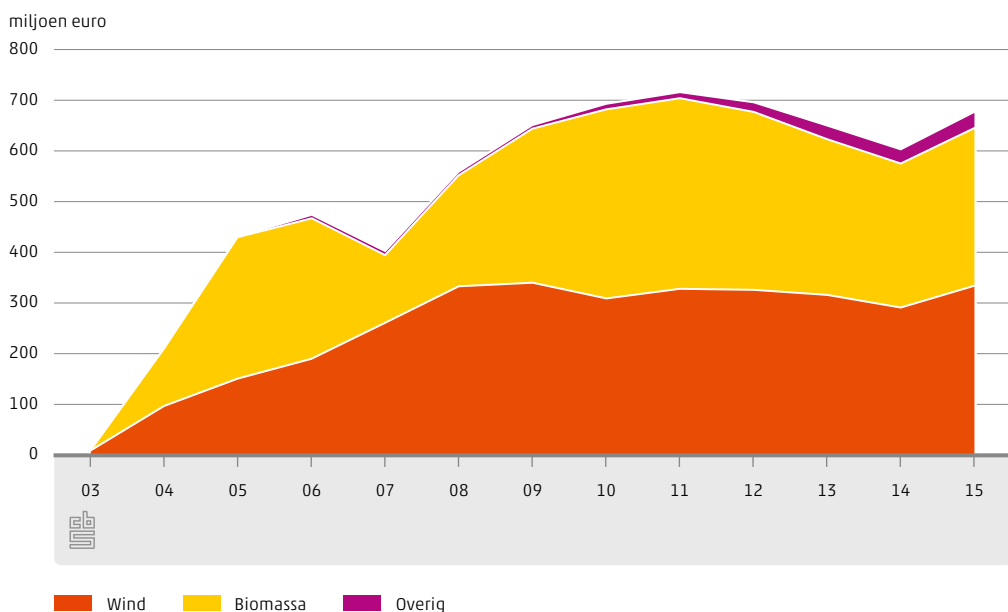
Bron: RVO.

¹⁾ Genoemde bedragen per jaar zijn de som van subsidiebetalingen over de gehele subsidieperiode van de projecten. Uitbetalingen van subsidie vinden plaats op basis van daadwerkelijke energieproductie.

Ontwikkelingen

In 2015 is zo'n 680 miljoen euro MEP en SDE subsidie uitgekeerd, vooral voor biomassa en windprojecten. Na drie jaar van daling is het uitgekeerde bedrag weer gestegen. Dat betekent dat de groei door nieuwe SDE projecten in 2015 groter was dan de afname door het aflopen van subsidies uit MEP-projecten.

2.8.3 Uitbetaalde MEP en SDE(+) subsidies



2.8.2 MEP en SDE(+) subsidie

	Gesubsidieerde productie			Totale bruto productie ¹⁾			Subsidie op transactiebasis			Subsidie op kasbasis			
	2013	2014	2015 ²⁾	2013	2014	2015**	2013	2014	2015 ²⁾	2013	2014	2015	
Elektriciteit	Mln kWh						Mln euro						
	Biomassa	4 252	3 944	3 634	5 954	5 013	4 974	291	268	254	292	256	264
	Waterkracht	78	77	48	114	112	93	8	7	5	8	7	5
	Windenergie	4 670	4 495	5 477	5 627	5 797	7 577	359	349	441	314	289	332
Zonnestroom	61	78	110	487	785	1 108	14	15	16	14	14	17	
	TJ												
Warmte	Biomassa	684	2 775	2 195	.	.	.	4	18	15	4	16	23
	Aardwarmte	942	1 502	2 123	993	1 502	2 462	5	8	12	6	7	10
	Zonnewarmte	0	2	.	1 106	1 128	1 137	0	0	.	0	0	0
Gas	Mln m³												
	Biomassa	38	53	.	47	62	80	12	17	.	12	12	24
Gas en elektriciteit totaal													
MEP							537	452	414	505	432	363	
SDE							156	229	330	143	170	313	
Totaal							693	682	744	648	602	676	

Bron: CBS op basis gegevens van RVO.

¹⁾ In deze tabel is gekozen voor de productie zonder normalisatie, omdat de subsidie ook wordt uitgekeerd op basis van de productie zonder normalisatie.

²⁾ Het gaat om productiegegevens zoals deze bekend waren bij RVO op peildatum 1 maart 2016. Voor sommige installaties komen de data later beschikbaar. Ontbrekende gegevens zijn niet bijgeschat. Vooral bij warmte leidt dit tot een onderschatting van de gesubsidieerde productie en subsidie op transactiebasis.

De subsidiebedragen kunnen op kas- en op transactiebasis berekend worden. Berekeningen op kasbasis geven aan hoeveel geld er in een jaar daadwerkelijk is uitgekeerd. Berekeningen op transactiebasis laten zien hoeveel recht op subsidie is opgebouwd in het betreffende jaar. Dit is het moment van productie van de hernieuwbare energie. Het moment van produceren en het moment van uitbetalen is niet hetzelfde. De MEP wordt achteraf betaald, de SDE werkt met voorschotten.

Een groot deel, maar niet alle productie van hernieuwbare elektriciteit geeft recht op MEP- of SDE-subsidie. Het aandeel zonder subsidie neemt toe. Elektriciteitsproductie zonder subsidie betreft onder andere windmolens waarvan de subsidieduur (maximaal tien jaar voor de MEP) verstreken is of die meer produceren dan de maximaal te subsidiëren hoeveelheid. Ook al lang bestaande (delen van) afvalverbrandingsinstallaties hebben geen recht op MEP- of SDE-subsidie. Zonnepanelen voor kleinverbruikers krijgen via vrijstelling van de hoge energiebelasting op een andere manier steun.

Methode

Gegevens uit tabel 2.8.2 zijn afgeleid uit een bestand met subsidiegegevens per project dat CBS heeft ontvangen van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl). De bedragen op kasbasis komen overeen met gegevens uit de *Resultaten hernieuwbare energieproductie 2015* van RVO.nl (2016c).

Overige regelingen

De MEP en de SDE zijn de belangrijkste stimuleringsmaatregelen van de overheid voor hernieuwbare energie. Daarnaast zijn er nog diverse andere maatregelen. Deze worden besproken in de *Rapportage Hernieuwbare Energie 2014* (RVO.nl, 2015a).

3.

Waterkracht

Wereldwijd is waterkracht de belangrijkste bron van hernieuwbare elektriciteit. Nederland heeft heel weinig waterkracht vanwege de geringe hoogteverschillen in de lopen van de rivieren. De totale productie wordt gedomineerd door drie centrales in de grote rivieren die goed zijn voor meer dan 90 procent van het vermogen. Sinds 1990 zijn er geen grote waterkrachtcentrales bijgekomen. Van het totale eindverbruik van hernieuwbare energie komt 0,3 procent voor rekening van waterkracht.

Ontwikkelingen

De elektriciteitsproductie was in 2015 ongeveer 6 procent lager dan gemiddeld in de vijf jaren daarvoor. De jaarlijkse variatie in productie wordt sterk bepaald door de variatie in de watertoevoer in de grote rivieren. Om die reden wordt er in de *Europese richtlijn hernieuwbare energie* en ook in het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* gerekend met genormaliseerde cijfers. De genormaliseerde elektriciteitsproductie uit waterkracht is nagenoeg constant.

3.1.1 Waterkracht

	Aantal systemen $\geq 0,1$ MW	Opgesteld elektrisch vermogen MW	Elektriciteitsproductie		Effect		
			niet genormaliseerd	genormaliseerd	Bruto eindverbruik	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
			Mln kWh	TJ	Kton		
1990	5	37	85	85	306	818	59
1995	5	37	88	98	353	945	67
2000	6	37	142	100	362	911	65
2005	6	37	88	100	361	904	62
2010	7	37	105	101	364	861	58
2011	7	37	57	100	358	826	56
2012	7	37	104	100	361	863	61
2013	7	37	114	101	362	854	63
2014	7	37	112	102	367	885	65
2015**	7	37	93	99	355	856	63

Bron: CBS.

Methode

Voor de periode 1990–1997 komen de gegevens uit CBS-enquêtes. Voor de periode 1998 tot en met juni 2001 is gebruik gemaakt van gegevens van EnergieNed, en vanaf juli 2001 van gegevens van CertiQ. In 2002 is ter controle gebruik gemaakt van opgaven van de bedrijven in energie-enquêtes van het CBS. Het verschil tussen de jaarlijkse elektriciteitsproductie uit de enquêtes en de elektriciteitsproductie uit de bestanden van CertiQ was in 2002 ongeveer 1 procent. Om onnodige enquêtedruk te vermijden vraagt het CBS sinds 2004 in de enquêtes niet meer naar de elektriciteitsproductie uit waterkracht. Alleen bij niet-plausibele uitkomsten uit de registratie wordt contact opgenomen met de eigenaren van de waterkrachtcentrales. Dit komt echter zelden voor.

De normalisatieprocedure berekent de elektriciteitsproductie uit waterkracht door de capaciteit te vermenigvuldigen met de gemiddelde productie per eenheid capaciteit van de

afgelopen vijftien jaar. Voor de jaren vóór 1990 zijn geen gegevens beschikbaar. Daarom is voor berekening van de genormaliseerde elektriciteitsproductie over de jaren tot 2004 het standaard aantal jaren in de normalisatieprocedure aangepast aan de beschikbaarheid van gegevens. Het bruto eindverbruik is gelijk aan de genormaliseerde elektriciteitsproductie.

Zowel voor het opgesteld vermogen als voor de elektriciteitsproductie is een ondergrens gehanteerd van 0,1 MW geïnstalleerd vermogen per installatie. Beneden deze grens zijn enkele kleinere installaties aanwezig met een totaal geschat vermogen van ongeveer 0,3 MW. Dat is minder dan 1 procent van het totaal. De onnauwkeurigheid in de berekening van de hernieuwbare energie uit waterkracht wordt geschat op ongeveer 2 procent.

4.

Windenergie

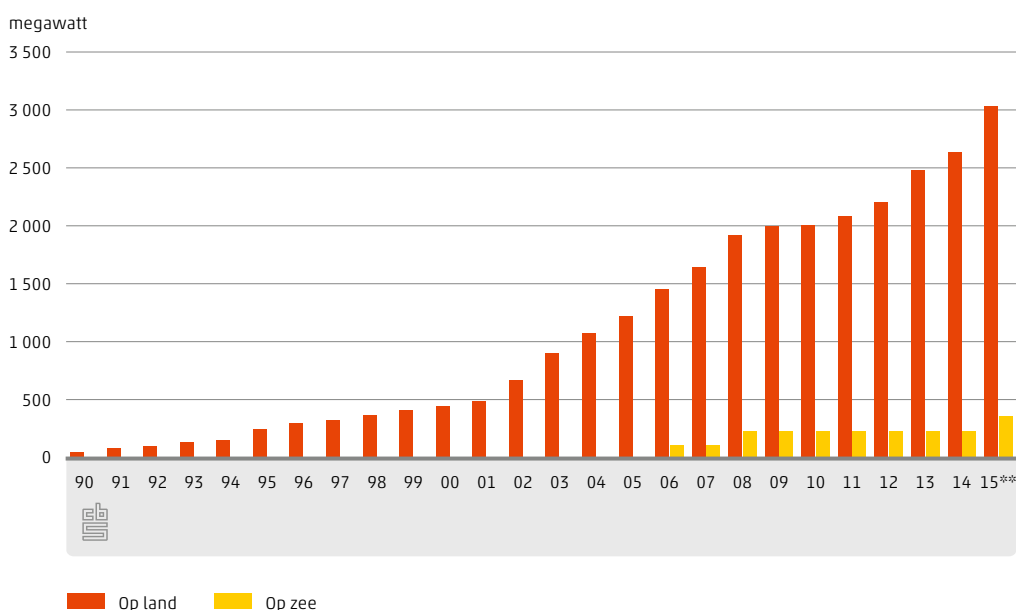
Windenergie is een zeer zichtbare vorm van hernieuwbare energie. Windmolens staan vooral in de kustprovincies, omdat het daar het meeste waait. Ook op zee staan molens; daar waait het nog harder en is er relatief veel ruimte. Wel zijn windmolens op zee per eenheid vermogen duurder dan op land. De bijdrage van windenergie aan het totale eindverbruik van hernieuwbare energie in Nederland was 21 procent in 2015.

Ontwikkelingen

Het opgestelde vermogen voor windenergie is in 2015 met ongeveer 520 megawatt gegroeid. Dat is een flinke groei door het in (verder) gebruik nemen van enkele grote windparken op land (Noordoostpolder en Delfzijl) en één op zee.

Het totale windmolenpark in Nederland heeft eind 2015 een vermogen van 3400 megawatt, waarvan ongeveer 360 megawatt op zee staat.

4.1.1 Opgesteld vermogen windenergie



Financiële ondersteuning van de overheid is onmisbaar voor het rendabel exploiteren van een windmolen. In augustus 2006 sloot de minister van Economische Zaken de destijds belangrijkste subsidieregeling, de Regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP), vanwege de grote populariteit en daaruit voortvloeiende financiële verplichtingen. Bestaande projecten en projecten die al waren ingediend kunnen blijven rekenen op ondersteuning. Aangezien windmolenprojecten een lange doorlooptijd hebben, is pas in de cijfers over 2009 het effect te zien van het stopzetten van de subsidies door een afname van het bijgeplaatste vermogen.

Inmiddels is er een nieuwe subsidieregeling voor nieuwe windmolens: de Regeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE, vanaf 2011 SDE+). Deze is opengesteld in april 2008.

In 2006 is het eerste windpark op zee in gebruik genomen, in 2008 het tweede en in 2015 het derde park 'Luchterduinen'. Samen zijn deze parken in 2015 goed voor ongeveer 11 procent van het windvermogen en 15 procent van de elektriciteitsproductie uit windenergie. De

4.0.2 Hernieuwbare energie uit wind

	Aantal windmolens			Vermogen			Elektriciteitsproductie		Effect	
	bijge- plaatst	uit gebruik genomen	opgesteld ¹⁾	bijge- plaatst	uit gebruik genomen	opgesteld ¹⁾	niet genorma- liseerd	genorma- liseerd ²⁾	vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
Totaal										
1990	70	.	323	15	.	50	56	56	539	39
1995	336	52	1 008	109	12	250	317	314	3 025	215
2000	47	9	1 291	38	2	447	829	744	6 745	481
2005	125	69	1 710	166	17	1 224	2 067	2 034	18 348	1 264
2010	28	27	1 973	30	15	2 237	3 993	4 503	38 320	2 583
2011	47	42	1 978	98	20	2 316	5 100	4 725	39 367	2 653
2012	65	65	1 978	161	44	2 433	4 982	4 939	42 378	3 013
2013	111	16	2 073	295	15	2 713	5 627	5 368	45 298	3 334
2014	67	61	2 079	184	32	2 865	5 797	5 810	50 020	3 676
2015**	187	89	2 177	579	57	3 388	7 577	6 921	60 110	4 418
Op land										
2010	28	27	1 877	30	15	2 009	3 315	3 737	31 808	2 144
2011	47	42	1 882	98	20	2 088	4 298	3 982	33 180	2 236
2012	65	65	1 882	161	44	2 205	4 193	4 156	35 847	2 549
2013	111	16	1 977	295	15	2 485	4 856	4 632	38 887	2 862
2014	67	61	1 983	184	32	2 637	5 049	5 060	43 446	3 193
2015**	144	89	2 038	450	57	3 031	6 447	5 889	51 177	3 762
Op zee										
2010	0	0	96	0	0	228	679	765	6 513	439
2011	0	0	96	0	0	228	802	743	6 187	417
2012	0	0	96	0	0	228	789	782	6 531	464
2013	0	0	96	0	0	228	771	736	6 411	472
2014	0	0	96	0	0	228	748	750	6 574	483
2015**	43	0	139	129	0	357	1 130	1 032	8 933	657

Bron: CBS.

¹⁾ Aan einde verslagjaar.

²⁾ Volgens de methode uit de EU-richtlijn voor hernieuwbare energie.

windmolens op zee produceren dus meer elektriciteit per eenheid vermogen dan de windmolens op land. Daar staat tegenover dat windmolens op zee fors duurder zijn. De hogere opbrengst per eenheid vermogen van wind op zee woog tot voor kort bij lange na niet op tegen de hogere kosten per eenheid vermogen en per eenheid geproduceerde elektriciteit was wind op zee dan ook duurder dan wind op land (Lensink et al., 2012).

De uitkomst van de recente tender van het windpark op zee bij Borssele (700 MW) zet dit beeld op losse schroeven. Het winnende bod van Dong Energy was (exclusief aansluitingskosten) van 7,27 eurocent per kilowattuur; sterk concurrerend met de kostprijs van windenergie op land als men deze vergelijkt met de basisprijzen volgens het Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2017 voor marktconsultatie (ECN,DNV-GL,2016). Het is nog niet zeker of het lage bod van Dong maatgevend wordt voor wind op zee, onder andere omdat de prijs is ontstaan onder bijzonder gunstige omstandigheden: lage staalprijzen, lage rente en lage olieprijsen.

4.0.3 Hernieuwbare energie uit wind en elektriciteitsproductie per capaciteit

	Elektriciteits- productie	Productiefactor ¹⁾	Vollasturen ²⁾	Elektriciteitsproductie per rotoroppervlak ³⁾	
	Mln kWh	%	Uren	kWh per m ²	
Totaal					
2010	3 993	21	1 797	797	
2011	5 100	26	2 244	998	
2012	4 982	24	2 114	946	
2013	5 627	24	2 132	940	
2014	5 797	24	2 102	918	
2015**	7 577	27	2 387	1 032	
Op land					
2010	3 315	19	1 661	740	
2011	4 298	24	2 099	939	
2012	4 193	22	1 968	885	
2013	4 856	23	2 013	891	
2014	5 049	23	1 996	873	
2015**	6 447	26	2 255	987	
Op zee					
2010	679	34	2 980	1 280	
2011	802	40	3 515	1 512	
2012	789	39	3 462	1 488	
2013	771	39	3 382	1 454	
2014	748	37	3 282	1 411	
2015**	1 130	41	3 592	1 387	

Bron: CBS.

¹⁾ De productiefactor is gedefinieerd als de daadwerkelijke productie gedeeld door de maximale productie berekend op basis van het vermogen aan het einde van elke maand. Deze factor wordt ook wel capaciteitsfactor genoemd.

²⁾ Het aantal vollasturen is het aantal uur dat de windmolens op de maximale capaciteit zouden moeten draaien om de gerealiseerde productie te halen. Het aantal vollasturen is recht evenredig met de productiefactor.

³⁾ Berekend als het gemiddelde van de maandelijkse elektriciteitsproductie per rotoroppervlak aan het einde van de maand. Daarbij is gewogen met het aantal dagen per maand en de rotoroppervlak aan het einde van de maand.

Hoge molens vangen meer wind. Daardoor produceren hoge molens per eenheid vermogen (in de tabel opgenomen als productiefactor) over het algemeen meer windenergie. Het valt op dat de elektriciteitsproductie per eenheid vermogen voor de molens met een ashoogte tussen de 51 en 70 meter wat lager is dan de molens met een ashoogte tussen de 31 en 50 meter. Dat heeft onder andere te maken met het relatief grote rotoroppervlak van de molens met een ashoogte tussen de 31 en 50 meter.

Door de jaren heen worden steeds meer grote en dus hoge molens bijgeplaatst en kleine molens afgebroken. De tussencategorie windmolens met een ashoogte van 51 tot en met 70 meter blijft min of meer stabiel. Bij de grotere molens is de groei te vinden in de hoogste categorie molens met een ashoogte groter dan 95 meter. Maar liefst 70 procent van de groei van het vermogen van het windmolenpark op land is gerealiseerd met deze molens.

De meeste windmolens staan in de kuststreek. Dat is niet verwonderlijk, gezien het grotere windaanbod. Bij de plaatsing van de windmolens is het windaanbod echter niet de enige factor. Ook de beleving van de inpasbaarheid in het landschap speelt een belangrijke rol. Dat verklaart waarom in Flevoland de meeste windmolens staan, ondanks de minder gunstige windcondities in deze provincie ten opzichte van de kuststreek (SenterNovem, 2005).

Begin 2013 zijn afspraken gemaakt tussen Rijk en IPO/provincies over de bijdragen per provincie aan de totale opgestelde capaciteit van windmolens op land; afgesproken is dat in 2020 in

4.0.4 Windenergie op land naar ashoogte

	Aantal turbines ¹⁾	Vermogen ¹⁾	Rotoroppervlak ¹⁾	Elektriciteits- productie	Productiefactor ²⁾	Productie per rotoroppervlak ²⁾	
		MW	1 000 m ²	Mln kWh	%	KWh per m ²	
2013							
t/m 30 m	160		34	68	43	14	626
31-50 m	651		330	816	658	23	807
51-70 m	646		816	1 845	1 520	21	823
71-95 m	315		703	1 604	1 404	24	940
meer dan 95 m	205		602	1 324	1 233	25	1 002
Totaal	1 977		2 485	5 658	4 856	23	891
2014							
tot en met 30 m	112		19	44	28	13	533
31-50 m	659		337	830	637	22	773
51-70 m	640		804	1 821	1 437	20	786
71-95 m	328		744	1 708	1 496	24	909
meer dan 95 m	244		734	1 636	1 451	26	1 011
Totaal	1 983		2 637	6 039	5 049	23	873
2015**							
t/m 30 m	104		18	42	25	15	581
31-50 m	613		325	805	703	25	875
51-70 m	641		809	1 830	1 662	24	911
71-95 m	373		867	2 081	1 883	27	1 023
meer dan 95 m	307		1 012	2 194	2 174	27	1 078
Totaal	2 038		3 031	6 952	6 447	26	987

Bron: CBS.

¹⁾ Aan einde verslagjaar.

²⁾ Berekend als het gemiddelde van de maandelijkse elektriciteitsproductie per vermogen of per rotoroppervlak aan het einde van de maand. Daarbij is gewogen met het aantal dagen per maand en het vermogen of het rotoroppervlak aan het einde van de maand.

4.0.5 Windenergie naar provincie

	2014				2015**				2020	
	aantal turbines ¹⁾	vermogen ¹⁾	elektrici- teits- productie	productie- factor	aantal turbines ¹⁾	vermogen ¹⁾	elektrici- teits- productie	productie- factor	afgesproken vermogen	
		MW	Mln kWh	%		MW	Mln kWh	%	MW	
Groningen	212	379	860	26	215	444	990	26	855,5	
Friesland	329	169	360	25	324	169	413	28	530,5	
Flevoland	593	839	1 362	20	623	1 040	1 919	23	1 390,5	
Noord-Holland	329	354	757	24	322	356	834	27	685,5	
Zuid-Holland	157	299	534	22	161	335	736	26	735,5	
Zeeland	216	351	739	25	220	360	901	29	570,5	
Noord-Brabant	83	118	225	23	92	150	315	27	470,5	
Overige provincies	64	128	212	21	81	177	340	24	762,5	
Totaal op land	1 983	2 637	5 049	23	2 038	3 031	6 447	26	6 000	

Bron: CBS, Monitor Wind op land RVO.

¹⁾ Aan einde verslagjaar.

totaal 6 000 megawatt staat opgesteld. In de *Monitor Wind op land* publiceert RVO (2016c) in provinciale overzichten wat de stand is en wat de plannen zijn om de bijdrage te halen.

Methode

Het vermogen is bepaald aan de hand van een CBS-database met alle windmolenprojecten. De basis voor deze database is de windmonitor die de KEMA tot en met 2002 heeft bijgehouden. Elk jaar vernieuwt CBS deze database op basis van gegevens uit de administratie van CertiQ. De vermogens per aansluitpunt zijn gecontroleerd op plausibiliteit door te vergelijken met de elektriciteitsproductiegegevens van CertiQ. Het moment van het in en uit gebruik nemen van een molen is bepaald aan de hand van de elektriciteitsproductiegegevens van CertiQ, in combinatie met gegevens op internet. Bij dat laatste kan het gaan om websites van of over windmolenparken (bijvoorbeeld Windstats.nl) of berichten in lokale media over het in gebruik nemen of afbreken van windparken.

De elektriciteitsproductie is berekend aan de hand van de administratie achter de certificaten voor de Garanties van Oorsprong van CertiQ. Daarnaast is er een bijschatting gemaakt voor windparken waarvan de productie niet bij CertiQ bekend is. Deze schatting is gemaakt op basis van het vermogen en de gemiddelde productiefactor en bedroeg ongeveer 50 GWh in 2005 (ongeveer 1 procent van de totale productie). Voor de jaren 1998–2001 is voor de elektriciteitsproductie gebruik gemaakt van gegevens van het groenlabelsysteem van EnergieNed, voor 1996 en 1997 van de windmonitor van de KEMA en voor de jaren tot en met 1995 van CBS-gegevens.

Voor de berekening van het aandeel hernieuwbare energie volgens de bruto eindverbruik-methode uit de EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie wordt de elektriciteitsproductie uit wind genormaliseerd. De methode is vastgelegd in deze richtlijn en komt er op neer dat de elektriciteitsproductie wordt berekend door het gemiddelde van het vermogen aan het begin en het vermogen aan het einde van het jaar te vermenigvuldigen met de gemiddelde elektriciteitsproductie per eenheid vermogen van de afgelopen vijf jaar.

De onzekerheid in de CBS-cijfers over de elektriciteitsproductie uit windenergie in 2015 wordt geschat op 2 procent.

5.

Zonne-energie

Zonne-energie valt uiteen in twee groepen:

- de omzetting van zonnestraling in elektriciteit (zonnestroom of fotovoltaïsche zonne-energie),
- de omzetting van zonnestraling in warmte (zonnewarmte of thermische zonne-energie).

De bijdrage van zonne-energie aan het totale eindverbruik van hernieuwbare energie in Nederland is beperkt tot 4 procent.

5.0.1 Zonne-energie

	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO ₂
	TJ		kton
1990		102	88
1995		216	207
2000		482	515
2005		847	1 045
2010		1 196	1 491
2011		1 416	1 932
2012		1 885	3 046
2013		2 861	5 281
2014		3 953	7 975
2015**		5 127	10 794

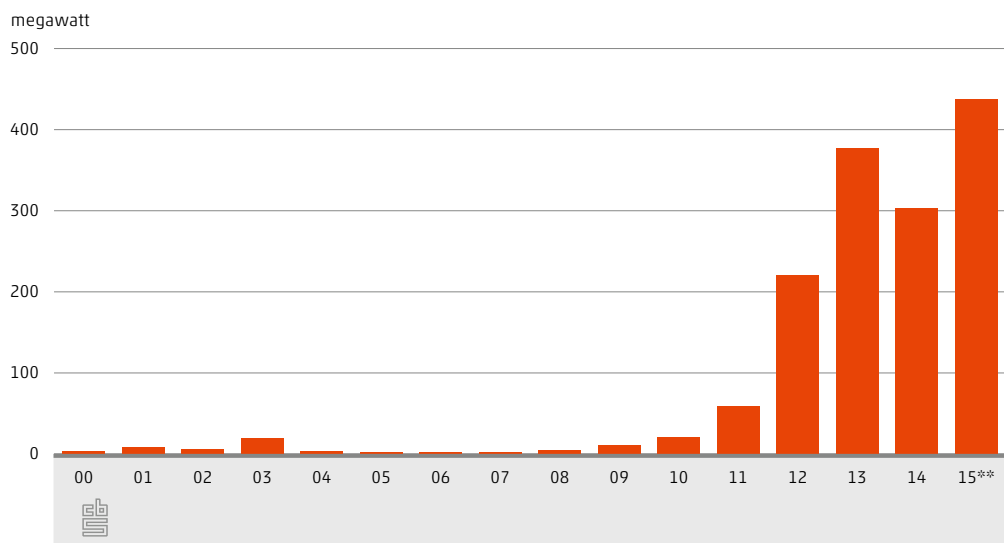
Bron: CBS.

5.1 Zonnestroom

Ontwikkelingen

Het opgesteld vermogen voor en de productie van zonnestroom zijn de afgelopen jaren flink toegenomen. Er werd in 2015 bijna 440 megawatt bijgeplaatst en dat is

5.1.1 Bijgeplaatst vermogen zonnestroom



130 megawatt meer dan in 2014. Het totale opgestelde vermogen eind 2015 komt daarmee op ongeveer 1 500 megawatt. De bijdrage van zonnestroom aan het eindverbruik van hernieuwbare energie in Nederland is ruim 3 procent.

In 2015 is het bijplaatsen van panelen voor zonnestroom, na de terugval in 2014, weer flink toegenomen. Een reden hiervoor is dat eind 2014 veel SDE-subsidie beschikbaar was voor zonnepanelen, waardoor voor 800 megawatt aan projecten subsidie is aangevraagd en toegekend. Realisatie van deze projecten gaat overigens niet zo snel. Halverwege 2016 was 137 megawatt aan SDE zonnestroomprojecten uit de SDE+-2014 gerealiseerd. De beschikkingen van de SDE+-2015 kwamen uit op totaal 10 megawatt (RVO, 2016b).

Daar staat tegenover dat minder zonnepanelen via de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA) voor bedrijven zijn gerealiseerd, een daling van een kleine 100 megawatt in 2014 naar 45 megawatt in 2015. Een reden voor deze daling is dat combinatie van EIA en SDE niet meer mogelijk is. Het financiële voordeel uit de SDE is groter dan uit de EIA; bedrijven zullen dus eerder voor de SDE kiezen.

Evenals in 2014 was in 2015 de prijsdaling van zonnepanelen veel kleiner dan in eerdere jaren (Solar Trendrapport, 2016). Volgens de Stichting Monitoring Zonnestroom is de gemiddelde moduleprijs in Nederland al in oktober 2013 gedaald naar iets meer dan 1 euro per wattpiekvermogen (inclusief btw), terwijl in april 2012 nog iets meer dan 2 euro moest worden betaald.

De belangrijkste stimuleringsmaatregel voor zonnestroom is de salderingsregeling in combinatie met de hoge energiebelasting op elektriciteit voor kleinverbruikers. Gevolg hiervan is dat geen btw en energiebelasting over de zelf geproduceerde stroom hoeft te worden betaald. Daar komt nog bij dat particulieren de btw op aangeschafte panelen terug kunnen vragen. Dit is niet iets wat de wetgever heeft bedacht, maar een gevolg van nieuwe inzichten in de interpretatie van bestaande wetgeving als gevolg van een uitspraak van het Europese Hof van Justitie.

De sterke daling van de prijzen van zonnepanelen in de afgelopen jaren en de fiscale voordelen maken het voor de kleinverbruikers aantrekkelijk om tot aanschaf van

5.1.2 Zonnestroom

	Bijgeplaatst vermogen	Opgesteld vermogen	Elektriciteitsproductie	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO ₂	
	MW		Mln kWh	TJ		Kton	
1990	.	.	1	0	2	4	0
1995	0	.	2	2	5	15	1
2000	4	.	13	8	28	70	5
2005	2	.	51	35	128	320	22
2010	21	.	90	56	201	476	32
2011	58	.	149	104	376	867	58
2012	220	.	369	226	815	1 944	138
2013	377	.	746	487	1 755	4 139	305
2014	302	.	1 048	785	2 825	6 808	500
2015**	438	.	1 485	1 108	3 990	9 614	707

Bron: CBS.

zonnepanelen over te gaan. Of de aanschaf voor particulieren daadwerkelijk voordelig is, hangt af van meerdere factoren, zoals de beschikbaarheid van een dak in de zon, de toekomstige ontwikkeling van de prijs van elektriciteit en het functioneren van de panelen op de lange termijn. Ook het voortbestaan van de salderingsregeling is een belangrijke factor. De regeling verkort voor particulieren de terugverdientijd zodanig dat men wellicht hierdoor tot aanschaf is overgegaan. Het grote voordeel volgt na de terugverdientijd wanneer 'gratis stroom' wordt opgewekt.

Naast de landelijke regelingen zijn er ook regionale subsidieregelingen voor zonnepanelen. CBS heeft daar echter geen overzicht van.

Methodie

Voor de jaren tot en met 2003 is de inventarisatie naar het bijgeplaatste vermogen uitgevoerd door Ecofys, BECO en Holland Solar. Het bijgeplaatste vermogen is steeds bepaald met behulp van een enquête onder de leveranciers van zonnepanelen. CBS heeft de enquête sinds 2004 jaarlijks uitgestuurd en verwerkt. Holland Solar heeft CBS een lijst van leveranciers geleverd. Deze lijst heeft CBS up to date gehouden met informatie van Polder PV, Holland Solar en eigen waarneming. Om het aantal te bevragen bedrijven te beperken richt CBS zich op groothandelsbedrijven en in zonnestroomsystemen gespecialiseerde bedrijven die panelen importeren of zelf maken. Het onderscheid tussen leveranciers die zelf importeren en leveranciers die de panelen alleen betrekken van andere Nederlandse leveranciers maakt CBS op basis van een in principe eenmalige telefonische navraag.

De nader voorlopige cijfers 2015 van het bijgeplaatste vermogen uit tabel 5.1.2 zijn gebaseerd op gegevens van een lijst met ongeveer 350 importerende leveranciers uit november 2015. Ruim 90 procent van deze importerende leveranciers heeft data aan CBS verstrekt, voor de ontbrekende 10 procent heeft CBS een bijschatting gemaakt van 27 megawatt op basis van data van het voorafgaande jaar en de trend bij de overige leveranciers.

Daarnaast heeft CBS nog een bijschatting gemaakt van 21 megawatt voor leveranciers die voorheen niet zelf importeerden, maar dat wel zijn gaan doen. Deze schatting is gemaakt op basis van een steekproefonderzoek onder 100 bedrijven onder de 750 bij CBS bekende niet importerende leveranciers via website-informatie en/of telefonische navraag in het voorjaar van 2016.

Informatie over de EIA is gebaseerd op informatie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), die deze regeling uitvoert. Van alle aanvragen voor zonnestroom weet RVO het investeringsbedrag, omdat daarop de belastingkorting is gebaseerd. Voor een gedeelte van de EIA-aanvragen vraagt RVO bij de aanvragers technische gegevens op van de gekochte installatie, waaronder het vermogen. CBS heeft op basis van deze gegevens een gemiddeld investeringsbedrag per kW per jaar uitgerekend. Deze gemiddelden zijn gebruikt om het totaal door EIA ondersteunde zonnestroom vermogen te berekenen.

De Nederlandse netbeheerders hebben een register opgezet, het Productie-installatieregister (PIR), waarin zoveel mogelijk zonnepanelen worden geregistreerd. Ze gebruiken deze gegevens voor een optimaal beheer van het net. De PIR data zijn

de belangrijkste bron voor de cijfers over zonnepanelen in de Klimaatmonitor van Rijkswaterstaat Leefomgeving (2016). Eind 2015 was er in het PIR 900 megawatt aan zonnestroomvermogen geregistreerd met een startdatum in 2014 of daarvoor (Rijkswaterstaat Leefomgeving, 2016). Voor startdatum 2015 of eerder was dit 1 300 megawatt. In de Klimaatmonitor worden de data van het PIR geïntegreerd met gegevens uit andere bronnen op postcode 6 niveau. De Klimaatmonitor komt op deze wijze op een totaal vermogen voor zonnestroom op 1 100 megawatt eind 2014 en 1500 eind 2015. Gegeven alle onzekerheden is de overeenstemming tussen de diverse bronnen nog redelijk goed.

CBS registreert geen aantallen geplaatste systemen, maar de Klimaatmonitor heeft daar wel informatie over en registreerde 330 duizend adressen met zonnepanelen eind 2015.

Voor zonnepanelen wordt uitgegaan van een levensduur van 25 jaar (Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie). Dit is een erg onzekere schatting, maar omdat verreweg de meeste panelen in recente jaren zijn geplaatst heeft deze onzekerheid nauwelijks effect op de onzekerheid in de totale productie van zonnestroom.

De elektriciteitsproductie is berekend met behulp van vaste kengetallen van de jaarlijkse productie per geïnstalleerd vermogen (Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie). Voor de verslagjaren tot en met 2011 geldt een productie van 700 kWh per kW vermogen. Voor de jaren daarna 875 kWh per kW vermogen. Het geïnstalleerd vermogen wordt steeds bepaald aan het eind van een kalenderjaar. De zonnestroomproductie wordt bepaald op basis van het gemiddelde van het vermogen aan het begin en het eind van een kalenderjaar.

Zowel in de schatting van de geplaatste panelen als in de jaarlijkse productie per geïnstalleerd vermogen zit een onzekerheid. De totale onnauwkeurigheid in de elektriciteitsproductie uit zonnepanelen schat CBS op 20 procent.

5.2 Zonnewarmte

Bij de actieve zonthermische energiesystemen kan een uitsplitsing worden gemaakt naar afgedekte en onafgedekte systemen. Afgedekte systemen zijn gesloten systemen. Hierdoor wordt de temperatuur in de collector hoger en daardoor ook de warmteproductie per vierkante meter. Binnen de afgedekte systemen wordt nog een onderscheid gemaakt in systemen met een collectoroppervlak kleiner dan zes vierkante meter en systemen met een collectoroppervlak groter dan zes vierkante meter. De kleine afgedekte systemen zijn bekend als zonneboilers. Deze worden veel toegepast in de woningbouw. De grotere afgedekte systemen worden vooral in de utiliteitsbouw gebruikt. De onafgedekte systemen worden vooral bij zwembaden toegepast.

Er zijn twee typen afgedekte systemen: vlakkeplaatcollectoren en vacuümbuiscollectoren. Vlakkeplaatcollectoren komen in Nederland het meeste voor en de afdekking bestaat dan uit een glazen plaat. Vacuümbuiscollectoren zijn dubbelwandige buisvormige collectoren met tussen de twee wanden een isolerende vacuüm ruimte. In het binnenste gedeelte wordt de warmte opgevangen door een vloeistof.

Ontwikkelingen

Zonnewarmtesystemen worden al heel lang toegepast in Nederland. Een grote doorbraak is echter tot op heden uitgebleven. Reden daarvoor is dat er nooit een langdurige aantrekkelijke subsidieregeling is geweest, zoals voor hernieuwbare elektriciteit. Ook zijn de prijsdalingen van deze systemen lang niet zo sterk als bij zonnestroom. In 2015 nam het totale oppervlak van de opgestelde zonnecollectoren per saldo met drie duizend vierkante meter toe tot 647 duizend vierkante meter; een groei van een half procent. In 2016 zou verandering kunnen komen in deze lage groei door het in werking treden van de

5.2.1 Zonnewarmte

	Aantal		Collectoroppervlak			Productie ²⁾	Verbruik bruto eind- verbruik	Effect		
	bij- geplaatst	uit gebruik genomen	opge- steld ¹⁾	bij- geplaatst	uit gebruik genomen			opge- steld ¹⁾	vermeden inzet van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
	1 000 m ²			TJ			Kton			
Totaal										
1990	.	.	.	9	1	73	100	100	84	5
1995	.	.	.	21	3	139	211	211	193	11
2000	.	.	.	36	8	276	454	454	445	25
2005	.	.	.	26	0	422	719	719	725	41
2010	.	.	.	47	9	576	994	994	1 016	57
2011	.	.	.	36	12	601	1 040	1 040	1 066	60
2012	.	.	.	32	17	615	1 070	1 070	1 102	62
2013	.	.	.	32	14	633	1 106	1 106	1 142	65
2014	.	.	.	28	18	644	1 128	1 128	1 168	66
2015**	.	.	.	24	21	647	1 137	1 137	1 179	67
Zonneboilers (afgedekt= 6 m²)										
2010	8 318	544	128 053	25	2	368	694	694	748	42
2011	9 109	1 815	135 347	25	5	387	731	731	787	44
2012	7 038	2 135	140 250	21	7	401	757	757	816	46
2013	7 895	1 914	146 231	22	6	417	787	787	847	48
2014	7 268	2 501	150 998	20	8	429	809	809	871	49
2015**	5 145	3 300	152 843	16	11	434	818	818	881	50
Afgedekt > 6 m²										
2010	.	.	.	18	1	79	138	138	149	8
2011	.	.	.	9	1	88	151	151	162	9
2012	.	.	.	8	1	95	164	164	177	10
2013	.	.	.	8	2	102	175	175	189	11
2014	.	.	.	6	2	105	181	181	195	11
2015**	.	.	.	6	2	109	187	187	201	11
Onafgedekt										
2010	.	.	.	3	6	129	162	162	119	7
2011	.	.	.	3	6	126	158	158	117	7
2012	.	.	.	3	10	118	149	149	110	6
2013	.	.	.	3	7	114	144	144	106	6
2014	.	.	.	3	7	110	138	138	102	6
2015**	.	.	.	3	8	105	132	132	97	5

Bron: CBS.

¹⁾ Aan einde verslagjaar.

²⁾ Definitie IEA/Eurostat: Beschikbare warmte voor het medium dat zorgt voor warmteoverdracht minus de optische en collectorverliezen.

investeringsubsidie duurzame energie voor particulieren en zakelijke gebruikers (ISDE). In 2009 en 2010 piekte het bijgeplaatste collectoroppervlak, mede onder invloed van de subsidieregeling Duurzame warmte in bestaande woningen. Deze regeling is begin 2011 gesloten (Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 2011b). Voor nieuwe woningen is er nog wel overheidssteun via de energienormen voor nieuwe gebouwen. Voor de concurrentiepositie van zonnecollectoren in alle woningen is het gunstig dat er energiebelasting op aardgas is en niet op de warmte van de zon. De totale bijdrage van zonnewarmte aan het verbruik van hernieuwbare energie in Nederland was ongeveer 1 procent in 2015.

5.2.2 Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, uitgesplitst naar sector

Sector	2013	2014	2015**	
	% van collectoroppervlakte			
Woningen		82	75	86
nieuwbouw		28	29	18
bestaande bouw		25	33	36
onbekend		29	13	33
Utiliteitsgebouwen		14	19	9
Landbouw		3	6	5
Totaal		100	100	100

Bron: CBS.

5.2.3 Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, uitgesplitst naar type systeem

Type systeem	2013	2014	2015**	
	% van collectoroppervlakte			
Systemen kleiner dan 6 m²				
Vlakke plaat		97	91	91
Vacuüm buis		3	9	9
Totaal		100	100	100
Systemen groter dan 6 m²				
Vlakke plaat		63	72	56
Vacuüm buis		37	28	44
Totaal		100	100	100
Totaal				
Vlakke plaat		89	86	82
Vacuüm buis		11	14	18
Totaal		100	100	100

Bron: CBS.

Methode

De basis voor de statistiek is de database die Ecofys heeft opgesteld voor de jaren tot en met 2002 (Warmerdam, 2003). CBS heeft vervolgens de database geactualiseerd. De gegevens voor de bijgeplaatste afgedekte systemen zijn verkregen via een enquête bij de

leveranciers van deze systemen. De respons was ruim 90 procent voor verslagjaar 2015. Non-respons is bijgeschat op basis van gegevens van vorig jaar. De lijst van leveranciers is opgesteld met hulp van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en brancheorganisatie Holland Solar.

Onafgedekte systemen leveren een kleine bijdrage en worden vanaf verslagjaar 2012 geschat met een vaste aanname voor nieuw geplaatste systemen per jaar.

Het uit gebruik nemen van systemen is geschat op basis van een gemiddelde levensduur van 20 jaar voor zonneboilers (Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie, RVO.nl en CBS, 2015). Voor de eenvoud wordt deze schatting van de gemiddelde levensduur ook toegepast voor de grotere systemen. Voor oudere systemen was soms al individuele informatie over de levensduur aanwezig in de database. Deze informatie is gehandhaafd.

De energieproductie uit zonnewarmte is berekend volgens kengetallen voor de energieproductie per vierkante meter collectoroppervlak uit het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie (RVO.nl en CBS, 2015). De onzekerheid in de hernieuwbare energie uit zonnewarmte wordt nu bepaald door een combinatie van factoren: de productie per eenheid collectoroppervlak, de levensduur van de collectoren en het bijgeplaatste collectoroppervlak. CBS schat de onzekerheid in de productie van zonnewarmte op 25 procent.

6.

Aardwarmte en

bodemenergie

Aardwarmte en bodemenergie is energie die afkomstig is van onder het aardoppervlak. Aardwarmte is warmte die afkomstig is van het binnenste van de aarde en wordt ook geothermie genoemd. Bodemenergie is warmte of koude uit de buitenlucht die in de bovenste laag van de bodem een half jaar is opgeslagen. In de zomer wordt de koude uit de winter benut en in de winter de warmte uit de zomer. Aardwarmte en bodemenergie groeien de laatste jaren fors en waren in 2015 goed voor ongeveer 5 procent van het eindverbruik van energie uit hernieuwbare bronnen.

6.0.1 Aardwarmte en bodemenergie

	Onttrokken warmte	Onttrokken koude	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO ₂
	TJ			Kton	
1990	.	.	8	.	5
1995	38	.	47	31	3
2000	200	.	292	156	17
2005	736	.	780	628	46
2010	2 703	1 660	2 501	2 699	142
2011	3 026	1 646	2 854	2 932	153
2012	3 527	1 830	3 347	3 332	168
2013	4 325	1 909	4 140	4 083	203
2014	5 075	1 850	4 906	4 637	227
2015**	6 277	1 985	6 096	5 809	289

Bron: CBS.

6.1 Aardwarmte

Ontwikkelingen

Sinds eind 2008 wordt in Nederland gebruik gemaakt van aardwarmte. In eerste instantie ging het om één glastuinbouwbedrijf dat op dit moment op twee plaatsen aardwarmte wint. Het succes van dit project heeft de belangstelling aangewakkerd en in 2015 zijn er in totaal elf projecten in productie.

De kosten van diepe bodemenergie zitten vooral in het boren van de put tot een diepte van één kilometer of meer. Het lastige punt daarbij is dat er geen garantie is op succes bij het boren. Om de ontwikkeling van diepe bodemenergie te stimuleren en de risico's voor de initiatiefnemers te beperken, heeft de overheid een regeling in het leven geroepen die een gedeelte van het risico op het misboren afdekt. De regeling (RNES Aardwarmte) is in 2016 door de minister van Economische Zaken met vijf jaar verlengd.

Vanaf 2012 komen projecten voor diepe bodemenergie ook in aanmerking voor SDE(+)-subsidie. Diepe bodemenergie heeft per joule hernieuwbare energie relatief weinig subsidie nodig en heeft bij de competitieve SDE+ regeling daarom weinig last van concurrentie met andere technieken.

Voor geothermie is volgens een overzicht van RVO tot en met SDE2015+ voor 17 projecten met een totaal vermogen van 277 megawatt subsidie toegezegd (RVO,2016b). Hiervan is inmiddels 160 megawatt gerealiseerd. Het is echter nog niet duidelijk of de resterende vijf projecten (117 MW) ook daadwerkelijk gerealiseerd gaan worden. Zoals hierboven vermeld, komt het voor dat projecten alsnog worden afgeblazen als uit nader onderzoek blijkt dat het risico op een misboring toch aanzienlijk is (RVO.nl, 2014a). Met de RNES regeling probeert de overheid dit risico voor de initiatiefnemer te verlagen (RVO.nl, 2015a).

6.1.1 Aardwarmte

	Aantal installaties	Warmteproductie TJ	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO ₂
			Kton	Kton
2008	1	96	95	5
2009	1	142	140	8
2010	2	318	316	17
2011	4	316	315	17
2012	6	495	491	27
2013	8	993	986	54
2014	10	1 502	1 488	81
2015**	11	2 462	2 439	132

Bron: CBS en LEI.

Methode

In het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* is afgesproken om de grens tussen aardwarmte en bodemenergie te leggen op 500 meter onder de grond. In de praktijk lijkt deze grens goed te werken. Voor projecten beneden de 500 meter is een vergunning nodig via de Mijnbouwwet. Gegevens over de warmteproductie voor de jaren tot en met 2010 zijn door CBS zelf opgevraagd bij het betreffende bedrijf. Vanaf 2011 tot en met 2013 is gebruik gemaakt van gegevens van het Landbouweconomisch Instituut (LEI) en voor 2014 en volgende jaren van data van CertiQ.

6.2 Bodemenergie

Bij bodemenergie kan onderscheid gemaakt worden tussen onttrekking van warmte in de winter en onttrekking van koude in de zomer. Dat gebeurt veelal door het oppompen van grondwater van bijvoorbeeld 150 meter diep. In de zomer wordt dit grondwater, dat een temperatuur heeft van 5 tot 10 graden, gebruikt om een gebouw te koelen. Na het koelen is dit water opgewarmd tussen 10 en 15 graden, en dit water wordt op een andere plek weer teruggepompt in de grond op een vergelijkbare diepte. In de winter wordt dit opgewarmde water weer opgepompt en gebruikt om het gebouw te verwarmen, waarna het afgekoelde water weer terug de bodem in gaat en de cirkel rond is. Bodemenergie wordt ook warmte/koude-opslag genoemd.

Water van 10 à 15 graden is niet zonder meer geschikt om een gebouw in de winter op een aangename temperatuur te krijgen. Daarom worden vaak warmtepompen gebruikt om de energie naar een hoger temperatuurniveau te brengen. De werking van een

6.2.1 Bodemenergie

	Onttrekking van warmte	Onttrekking van koude	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO ₂
	TJ			Kton	
Warmte					
Benut met warmtepompen					
1990	.	.	.	.	.
1995	31		31	24	1
2000	156		156	91	3
2005	628		628	339	13
2010	2 183		2 183	1 312	55
2013	3 147		3 147	1 908	64
2014	3 404		3 404	2 007	65
2015**	3 634		3 634	2 145	70
Benut zonder warmtepompen					
1990		1		1	0
1995		7		7	0
2000		44		42	2
2005		108		104	6
2010		202		194	11
2013		185		177	10
2014		186		162	9
2015**		181		174	10
Warmte totaal					
1990	.		.	1	0
1995	38		31	31	2
2000	200		156	133	6
2005	736		628	443	18
2010	2 385		2 183	1 507	66
2013	3 332		3 147	2 086	74
2014	3 573		3 404	2 169	74
2015**	3 815		3 634	2 319	80
Koude					
1990			8	4	0
1995			47	25	2
2000			292	153	11
2005			780	405	28
2010			1 660	876	59
2013			1 909	1 011	75
2014			1 850	979	72
2015**			1 985	1 050	77
Totaal warmte en koude					
1990	.		8	5	0
1995	38		47	56	3
2000	200		292	286	17
2005	736		780	848	46
2010	2 385	1 660	2 183	2 383	125
2013	3 332	1 909	3 147	3 097	149
2014	3 573	1 850	3 404	3 149	147
2015**	3 815	1 985	3 634	3 370	157

Bron: CBS.

warmtepomp is vergelijkbaar met die van een koelkast, maar dan omgekeerd. Een koelkast maakt het binnenin kouder door warmte vanuit de koelkast naar buiten te pompen. Daardoor wordt het buiten de koelkast dus (iets) warmer. Een warmtepomp maakt het buiten (iets) kouder en binnen warmer. Net als een koelkast gebruikt een warmtepomp ook elektriciteit. Voor warmtepompen die gebruik maken van ondiepe bodemenergie levert één eenheid elektriciteit gemiddeld ongeveer vier eenheden warmte. De opwekking van één eenheid elektriciteit kost doorgaans twee tot tweeënhalve eenheden fossiele energie en een gasketel maakt ongeveer één eenheid warmte uit één eenheid aardgas. Het gebruik van een warmtepomp is per saldo dus energetisch voordeliger dan verwarming met een gewone aardgasketel. Een beperkte hoeveelheid ondiepe bodemwarmte wordt benut zonder warmtepompen. Het gaat dan om voorverwarming van ventilatielucht.

Binnen de bodemenergie kan nog onderscheid gemaakt worden tussen open systemen en gesloten systemen. In open systemen wordt grondwater onttrokken waarna boven de grond de uitwisseling van warmte plaatsvindt voor koeling en verwarming. Daarna wordt het grondwater weer teruggepompt. In gesloten systemen wordt een gesloten buis of slang de grond ingebracht tot een diepte van 50 tot 100 meter. In deze buis stroomt een vloeistof voor warmtetransport en deze wordt verwarmd of gekoeld via de wand van de buis. Bij gesloten systemen wordt dus geen grondwater onttrokken uit de bodem. Door de stroming van het grondwater is bij open systemen een groter deel van de bodem betrokken bij de opslag van warmte en koude. De gemiddelde capaciteit van deze systemen is dus groter. Open systemen worden vooral toegepast bij grote kantoren, kassen of woonwijken. Gesloten systemen worden vaak toegepast bij kleine kantoren of (een kleine groep) woningen. Open systemen worden ook wel 'watersystemen' genoemd en gesloten systemen 'bodemsystemen'.

6.2.2 Warmtepompen met gebruik van bodemwarmte

	Bijgeplaatst aantal installaties					Bijgeplaatst thermisch vermogen				
	2011	2012	2013	2014	2015**	2011	2012	2013	2014	2015**
	MW									
Open systemen (met onttrekking van grondwater)										
Utiliteitsgebouwen en op landbouwbedrijven	402	398	433	300	302	62	58	70	64	64
Woningen, totaal	1 204	1 058	639	242	155	14	10	7	3	1
alleen ruimteverwarming	808	873	502	190	7	12	10	6	3	0
ruimteverwarming en tapwaterverwarming	396	185	137	52	148	2	1	1	0	1
Totaal	1 606	1 456	1 072	542	457	75	68	77	67	65
Gesloten systemen (zonder onttrekking van grondwater)										
Utiliteitsgebouwen en op landbouwbedrijven	567	545	197	200	136	15	16	21	14	10
Woningen, totaal	3 686	3 785	1 783	1 768	1 493	31	28	12	15	16
alleen ruimteverwarming	1 011	656	688	1 125	1 112	15	12	7	10	14
ruimteverwarming en tapwaterverwarming	2 675	3 129	1 095	643	381	15	16	5	4	2
Totaal	4 253	4 330	1 980	1 968	1 629	46	45	34	28	26
Totaal	5 859	5 786	3 052	2 510	2 086	122	113	111	96	91

Bron: CBS.

6.2.3 Onttrokken grondwater in open systemen voor warmte/koudeopslag, 2015

	Mln m ³
Groningen	9
Friesland	5
Drenthe	4
Overijssel	10
Gelderland	22
Flevoland	5
Utrecht	26
Noord-Holland	64
Zuid-Holland	77
Zeeland	3
Noord-Brabant	43
Limburg	10
Totaal	278

Bron: CBS.

6.2.4 Onttrokken grondwater in open systemen voor warmte/koudeopslag naar sector, 2015

	Mln m ³
Glastuinbouw	19
Industrie	2
Overige landbouw	11
Utiliteitsbouw	209
Woningbouw	38
Totaal	278

Bron: CBS.

Ontwikkelingen

Het gebruik van bodemenergie is de laatste jaren flink toegenomen. Vooral in nieuwe grote kantoren, is het een veel toegepaste techniek. Het is relatief snel rendabel, omdat in deze gebouwen naast een warmtevraag vaak ook een behoorlijke koelvraag is en omdat er in nieuwe gebouwen het verwarmings- en koelsysteem direct bij aanleg al aangepast kan worden aan het gebruik van bodemenergie. Ook in de glastuinbouw zijn grote systemen voor bodemenergie in gebruik genomen. Voor de open systemen is in 2015 in totaal ruim 278 miljoen kubieke meter water rondgepompt.

Vanaf 2010 zijn er minder nieuwe woningen en kantoren gebouwd dan in de paar jaar daarvoor. De afzet van warmtepompen is gedaald maar dat is vooral waar voor het aantal afgezette warmtepompen en minder waar voor het thermisch vermogen van die warmtepompen. Vooral de afzet van klein-vermogen warmtepompen (voor woningen) is afgenomen.

Bij de afzet van warmtepompen met gebruik van buitenlucht nemen de aantallen en het totale vermogen toe (zie Hoofdstuk 7 Buitenluchtwarmte).

De meeste open systemen staan in de provincies Noord- en Zuid-Holland en Noord-Brabant. Deze verdeling reflecteert in grote lijnen de aanwezigheid van grote gebouwen, die zich goed lenen voor toepassing van warmte/koudeopslag met open systemen.

Methodie

Voor de berekening van de bodemenergie is gebruik gemaakt van de verkoopgegevens van de leveranciers van warmtepompen en van gegevens over warmte/koudeopslag die de provincies verzamelen voor het verlenen en beheren van de vergunningen voor warmte/koude-opslagprojecten.

Bij het verzamelen van de verkoopgegevens van warmtepompen is samengewerkt met brancheverenigingen. De Dutch Heat Pump Association (DHPA) en de VERAC (Vereniging van Leveranciers van Airconditioning Apparatuur) hebben de verkoopgegevens van hun leden geleverd. Per eind 2015 zijn de twee verenigingen samengegaan onder de vlag van DHPA. CBS heeft zelf de leveranciers geënkquêteerd die geen lid zijn van één van beide brancheverenigingen. De onttrekking van bodemenergie en het vermeden verbruik van fossiele primaire energie van de warmtepompen op bodemenergie is berekend op basis van kengetallen uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*.

In het verleden is voor de warmtepompen door CBS en de Stichting Warmtepompen (een voorloper van de DHPA) een andere indeling gehanteerd die geen onderscheid maakte naar warmtebron (bodemwarmte of buitenluchtwarmte). CBS heeft de oude indeling herleid tot de nieuwe indeling. Daarbij is gebruik gemaakt van enkele aannames en van gegevens uit 2007 en 2008, waarin data zijn verzameld volgens zowel de oude als de nieuwe indeling.

De hernieuwbare energie uit koude en de benutting van warmte zonder warmtepompen is afgeleid uit gegevens over het grondwaterdebiet van de provincies en kengetallen uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*.

Lastig daarbij is dat uit de informatie van de provincies niet altijd duidelijk is of een project al in gebruik is. Ook is de informatie over de debieten niet compleet. CBS maakt schattingen voor ontbrekende informatie, maar daardoor worden de cijfers wel minder nauwkeurig.

Koude is gedefinieerd als het grondwaterdebiet voor koeling maal de soortelijke warmte van water maal het temperatuurverschil tussen opgepompt en weer geïnfiltreerd water. Het temperatuurverschil is dus een cruciale parameter. Recentelijk is een nieuwe studie verschenen naar het temperatuurverschil (RVO, 2016a) waaruit bleek dat gemiddelde het temperatuurverschil tussen 2009 en 2015 niet veel is veranderd. Er is daarom geen reden is om de kengetallen uit het Protocol te herzien.

De benutting van bodemwarmte zonder warmtepompen telt niet bij het bruto eindverbruik, omdat er geen mogelijkheid is om dit te rapporteren bij Eurostat. Reden daarvoor is dat het om een beperkte hoeveelheid energie gaat.

Koude telt ook niet mee bij het bruto eindverbruik, omdat koude geen energiedrager is volgens de internationale energiestatistieken en ook niet valt onder de definitie van hernieuwbare energie in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare energie*, waarin expliciet wordt gesproken over *geothermal heat*. Koude telt wel mee bij de berekening van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie. CBS schat de onnauwkeurigheid in de cijfers over de hernieuwbare energie uit bodemenergie op ongeveer 25 procent.

7.

Buitenluchtwarmte

Warmte uit de buitenlucht kan gebruikt worden om gebouwen te verwarmen met een warmtepomp. Het principe is hetzelfde als bij warmtepompen die gebruik maken van bodemenergie. Een belangrijk verschil is dat de gebruikte bodemwarmte gemiddeld een hogere temperatuur heeft dan de buitenlucht. Daardoor is het verschil tussen de temperatuur van de warmtebron en het afgiftesysteem hoger en heeft een warmtepomp op buitenlucht relatief meer elektriciteit (of gas) nodig dan een warmtepomp op bodemwarmte. Daar staat tegenover dat de aanleg van een systeem voor het benutten van de bodemwarmte een stuk duurder is dan een aanzuigpomp voor de buitenlucht. Buitenluchtwarmte is goed voor bijna twee procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie in 2015.

Ontwikkelingen

Het gebruik van buitenluchtwarmte groeit gestaag. Jaarlijks wordt hiervoor rond 300 megawatt aan thermisch vermogen bijgeplaatst. In 2015 zelfs ruim 350 megawatt met bijna 50 duizend installaties; de meeste daarvan zijn warmtepompen gekoppeld aan luchtverwarmingssystemen en een minderheid aan verwarmingssystemen op basis van water. Warmtepompen kunnen relatief goedkoop geïnstalleerd worden in een nieuw gebouw. De laatste jaren zijn er minder nieuwe woningen en kantoren gerealiseerd dan

7.1.1 Buitenluchtwarmte

	Onttrekking van warmte uit buitenlucht	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO ₂
	TJ			Kton
Totaal				
1995	7	7	0	0
2000	23	23	3	0
2005	81	81	13	-1
2010	536	536	133	-1
2011	737	737	215	1
2012	961	961	232	-7
2013	1 230	1 230	316	-13
2014	1 592	1 592	355	-20
2015**	2 019	2 019	446	-26
Utiliteitsgebouwen				
1995	0	0	0	0
2000	1	1	0	0
2005	1	1	0	0
2010	333	333	83	-1
2011	475	475	136	0
2012	646	646	152	-5
2013	828	828	208	-9
2014	1 085	1 085	236	-14
2015**	1 380	1 380	301	-18
Woningen				
1995	7	7	0	0
2000	22	22	3	0
2005	80	80	12	-1
2010	202	202	49	0
2011	261	261	79	1
2012	315	315	80	-2
2013	402	402	108	-4
2014	508	508	119	-6
2015**	639	639	145	-8

Bron: CBS.

de jaren ervoor. In dat licht gezien, blijft de afzet van warmtepompen redelijk goed op peil. Daarnaast lijkt er een verschuiving op te treden van warmtepompen op bodemenergie naar warmtepompen op buitenlucht.

De benutting van de buitenlucht voor verwarming gebeurt vooral in kantoorgebouwen. Het gaat dan vaak om omkeerbare warmtepompen. Dat zijn warmtepompen die in de zomer kunnen worden gebruikt als airco om te koelen, en in de winter om te verwarmen. De meerkosten van koelmachines die niet alleen kunnen koelen maar ook kunnen verwarmen zijn beperkt. Daardoor worden de omkeerbare warmtepompen vaak verkocht zonder veel subsidie. Wel is het mogelijk om voor efficiënte warmtepompen een korting te krijgen op de belasting via de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA).

Opvallend is dat de vermeden emissies van CO₂ voor warmtepompen op buitenlucht de laatste jaren negatief zijn, maar dat het vermeden verbruik van fossiele primaire energie positief is. De verklaring hiervoor is dat de besparing van deze warmtepompen afhangt van het verschil tussen het uitgespaarde aardgasverbruik en de daaraan gerelateerde emissies enerzijds (aardgasketel) en het extra verbruik van elektriciteit en de daaraan gerelateerde primaire energie en emissies anderzijds (warmtepomp). Elektriciteitsopwekking volgens de huidige referenties heeft een hogere CO₂-emissie per eenheid verbruikte energie dan warmteopwekking in een aardgasketel.

Overigens is het belangrijk om te weten dat zowel het vermeden verbruik van primaire energie als de vermeden emissies van CO₂ sterk afhangen van de energieprestatiefactor van de warmtepompen. Deze waarde voor deze factor is overgenomen van een richtsnoer van de Europese Commissie (zie RVO.nl en CBS, 2015), maar feitelijk is nog erg weinig bekend over de prestaties van warmtepompen op buitenlucht in de praktijk.

7.2.1 Warmtepompen met gebruik van buitenluchtwarmte

	Bijgeplaatst aantal installaties					Bijgeplaatst thermisch vermogen				
	2011	2012	2013	2014	2015**	2011	2012	2013	2014	2015**
	MW									
Afgifte aan verwarmingssysteem op basis van lucht										
Utiliteitsgebouwen en landbouwbedrijven	24 382	22 221	22 814	26 191	27 276	226	194	188	219	214
Woningen	10 657	11 514	10 039	13 338	16 265	49	48	46	68	80
Totaal	35 039	33 735	32 853	39 529	43 541	275	242	235	287	294
Afgifte aan verwarmingssysteem op basis van water										
Utiliteitsgebouwen en landbouwbedrijven	372	418	355	524	622	12	19	17	26	36
Woningen, totaal	3 102	2 806	4 278	3 975	5 013	18	13	21	20	24
ruimteverwarming met en zonder tapwater	2 526	2 536	3 905	3 744	4 925	17	12	21	20	24
alleen tapwaterverwarming	576	270	373	231	88	1	0	1	0	0
Totaal	3 474	3 224	4 633	4 499	5 635	30	32	39	46	60
Totaal	38 513	36 959	37 486	44 028	49 176	305	274	273	333	354

Bron: CBS.

Methode

In de *EU-Richtlijn voor hernieuwbare energie* wordt buitenluchtwarmte aërothermische warmte genoemd.

De statistische methode voor de buitenluchtwarmte is dezelfde als voor bodemenergie die benut wordt met warmtepompen. Via gegevens over de afzet en een aanname over

de levensduur wordt het opgesteld vermogen bepaald. Daaruit worden vervolgens de relevante energiestromen bepaald op basis van kengetallen.

Verkoopgegevens van de warmtepompen zijn verzameld in samenwerking met brancheverenigingen. De Dutch Heat Pump Association (voorheen de Stichting Warmtepompen) en de VERAC (Vereniging van leveranciers van airconditioning apparatuur) hebben de verkoopgegevens van hun leden geleverd. Per eind 2015 zijn de twee verenigingen samengegaan onder de vlag van DHPA. CBS heeft zelf de leveranciers geëquipt die geen lid zijn van één van beide brancheverenigingen. In het verleden is voor de warmtepompen door CBS en de Stichting Warmtepompen een andere indeling gehanteerd die geen onderscheid maakte naar warmtebron (bodemwarmte of buitenluchtwarmte). CBS heeft de oude indeling herleid tot de nieuwe indeling. Daarbij is gebruik gemaakt van enkele aannames en van gegevens uit 2007 en 2008 waarin data zijn verzameld volgens zowel de oude als de nieuwe indeling.

Omkeerbare warmtepompen worden regelmatig alleen gebruikt voor koeling, als gewone airco, samen met bijvoorbeeld een gewone verwarmingsketel die de gehele of een gedeelte van de warmtevoorziening regelt. Voor leveranciers van warmtepompen is het erg lastig om in te schatten welk deel van de omkeerbare warmtepompen daadwerkelijk wordt ingezet voor verwarming. Als gevolg van de onzekerheid in het daadwerkelijk gebruik van omkeerbare warmtepompen voor verwarming is het kengetal voor omrekening van het vermogen in de warmteproductie uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* onzeker. Om deze onzekerheid te reduceren is er onderzoek verricht onder de installateurs van de omkeerbare warmtepompen. Zij zitten dicht op de projecten dan de leveranciers en hebben dus beter zicht op het gebruik van omkeerbare warmtepompen voor verwarming. Segers en Busker (2015) beschrijven de uitkomsten van dit onderzoek en de aanvullende aannames die nodig zijn om de resultaten uit het onderzoek te benutten.

Volgens de EU Richtlijn Hernieuwbare Energie mogen warmtepompen alleen meetellen als ze de energieprestatie (warmteproductie gedeeld door elektriciteitsverbruik) groter is dan een bepaalde norm. Vooral bij (oude) warmtepompen op buitenlucht is het onzeker of ze voldoen aan deze norm. In de Richtsnoer voor de rekenmethodiek voor warmtepompen (Europese Commissie, 2013) is vervolgens bepaald dat lidstaten zelf een expertschatting mogen maken voor het deel van de warmtepompen dat voldoet aan deze norm. Deze expertschatting hebben Segers en Busker (2015) verdisconteerd in de rekenfactor voor de omrekening van het vermogen naar de warmteproductie.

Het onderzoek onder de installateurs was helaas te laat om mee te worden genomen in de meest recente update van het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie. Voor de kengetallen waarmee de vermogens worden omgerekend naar warmteproductie, onttrekking van hernieuwbare energie, eigen energieverbruik en vermeden verbruik van fossiele energie en vermeden emissies van CO₂ is daarom gebruik gemaakt van het Protocol aangevuld met de nieuwe informatie uit Segers en Busker (2015).

Het onderzoek van Segers en Busker (2015) omvat data over schattingen van installateurs over in 2014 geplaatste systemen. Over de oude systemen blijft weinig bekend. Daarnaast zijn er geen goede representatieve data over de energieprestatie van de warmtepompen in de praktijk, waardoor het onduidelijk is welk deel van de aërothermische warmtepompen voldoet aan de ondergrens voor de energieprestatie uit de EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie. Daarom blijft het eindverbruik van de aërothermische warmtepompen onzeker. CBS schat de onnauwkeurigheid voor de hernieuwbare energie uit buitenluchtwarmte op 40 procent.

8.

Biomassa

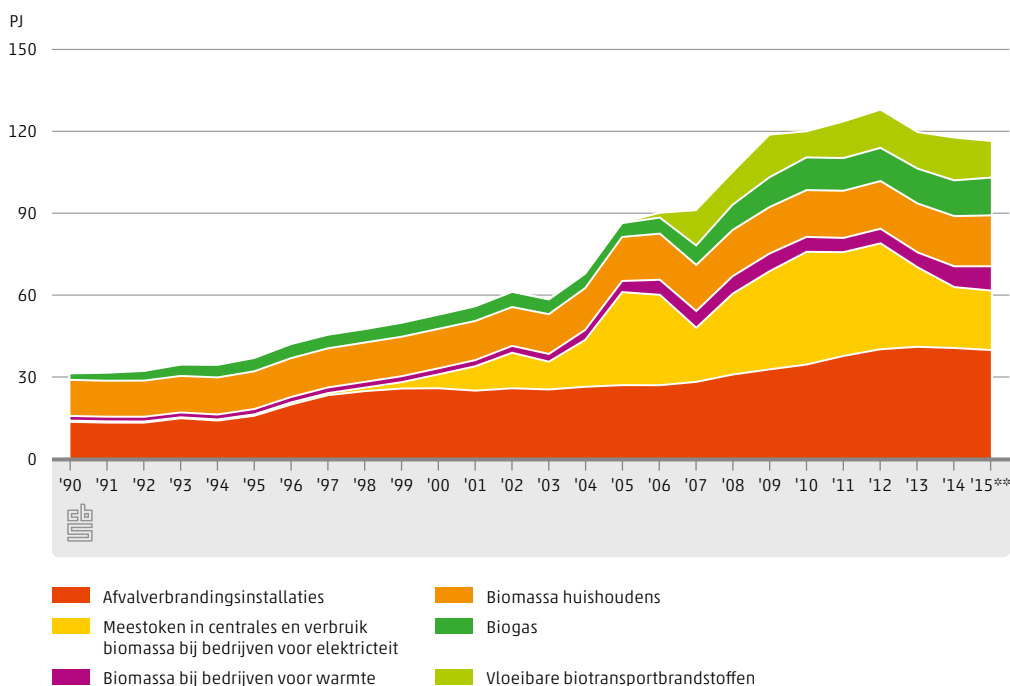
Biomassa kan vele vormen aannemen, zoals voedsel of papier. In de energie-statistieken wordt biomassa echter alleen meegenomen als het wordt gebruikt als energiedrager. De import van bijvoorbeeld palmolie voor de voedingsindustrie wordt dus niet meegenomen. Biomassa is de belangrijkste bron van hernieuwbare energie en wordt op vele manieren gebruikt. In dit hoofdstuk worden alle technieken systematisch langs gelopen. De bijdrage van biomassa aan het bruto eindverbruik van hernieuwbare energie is 68 procent in 2015.

8.1 Inleiding

De drie belangrijkste toepassingen zijn: afvalverbrandingsinstallaties (paragraaf 8.2), het meestoken van biomassa in centrales (8.3) en het verbruik van biomassa voor elektriciteit bij bedrijven (8.4) en het gebruik van biomassa door huishoudens (8.6). Daarnaast is er het gebruik van vloeibare biotransportbrandstoffen (8.11) en het verbruik van biomassa voor warmte bij bedrijven (8.5). Naast direct verbranden kan de biomassa ook eerst worden omgezet in biogas, wat op stortplaatsen (8.7) gebeurt. Natte organische afvalstromen zijn vaak geschikt om te worden omgezet in biogas via vergisting. Dat gebeurt in veel rioolwaterzuiveringsinstallaties (8.8) en ook in afvalwaterzuiveringsinstallaties in de industrie (8.10). Ook wordt veel biogas gemaakt uit vergisting van mest samen met ander organisch materiaal (co-vergisting van mest) (8.9).

Ontwikkelingen

8.1.1 Biomassa verbruik



Het verbruik van biomassa is vooral vanaf 2003 hard gegroeid. Het ging in eerste instantie vooral om een toename van het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales,

gestimuleerd door de MEP-subsidies (zie ook 2.8). Later nam ook het gebruik van biomassa voor het wegverkeer toe door de introductie van de verplichting voor leveranciers van benzine en diesel tot het verbruik daarvan, veelal ingevuld door biobrandstoffen bijgemengd in gewone benzine en diesel. Ook het verbruik van biomassa voor elektriciteitsproductie nam toe. Het gaat hierbij vooral om enkele installaties die afvalhout verbranden en elektriciteit maken. Het verbruik van biomassa door afvalverbrandingsinstallaties en als biogas groeit meer geleidelijk.

8.1.2 Biomassa

	Primair verbruik			Bruto energetisch eindverbruik			Vermeden verbruik van fossiele primaire energie		
	2013	2014	2015**	2013	2014	2015**	2013	2014	2015**
TJ									
Afvalverbrandingsinstallaties	40 689	40 265	39 512	18 527	18 628	20 307	24 112	23 680	25 945
Meestoken in centrales en verbruik biomassa bij bedrijven voor elektriciteit	29 127	22 299	21 788	12 288	8 891	8 333	25 230	17 951	16 318
Biomassaketels voor warmte bij bedrijven	5 485	7 622	8 889	5 474	7 558	8 761	5 215	7 124	8 402
Biomassa huishoudens	17 910	18 381	18 638	17 910	18 381	18 638	11 324	11 786	12 087
Biogas uit stortplaatsen	1 080	955	793	456	436	371	726	686	574
Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	2 421	2 359	2 316	2 040	2 013	1 948	1 858	1 971	1 936
Biogas, co-vergisting van mest	4 977	4 972	5 207	3 689	3 903	4 217	5 059	5 385	5 800
Biogas, overig	4 299	4 808	5 517	3 359	3 828	4 302	3 693	4 227	4 704
Vloeibare biotransportbrandstoffen	13 378	15 686	13 439	12 924	15 102	13 314	12 924	15 102	13 314
Totaal	119 367	117 346	116 100	76 667	78 740	80 191	90 140	87 912	89 080

Bron: CBS.

In 2015 is het totale verbruik van biomassa iets lager dan in 2014. Het verbruik van vaste en vloeibare biomassa voor de productie van elektriciteit en van biogeen afval daalden relatief licht. Het verbruik van biomassa voor vervoer daalde meer. De afnames werden deels gecompenseerd door de toename van het biomassaverbruik voor warmte bij bedrijven en huishoudens en voor biogas (uit reststromen van de industrie en GFT).

Tabel 8.1.2 geeft het verbruik van biomassa op drie manieren: eindverbruik, primair verbruik en vermeden verbruik van fossiele energie. Bij het eindverbruik van energie gaat het om de vorm waarin het aan de eindverbruiker wordt geleverd: elektriciteit, warmte of brandstof. Bij het primair verbruik gaat het om de eerst meetbare vorm. Vooral bij elektriciteit is het verschil tussen primair en eindverbruik groot, omdat het omzettingsverlies bij de productie van elektriciteit uit biomassa groot is.

Het vermeden verbruik van fossiele primaire energie is in de regel lager dan het verbruik van biomassa (8.1.2). Dat betekent dat 1 joule biomassa minder dan 1 joule fossiele energie uitspaart. Dit komt doordat het energetisch rendement van de installaties die biomassa verbruiken relatief laag is ten opzichte van de fossiele referentie. Het sterkst speelt dit bij afvalverbrandingsinstallaties en bij houtkachels in huishoudens. Voor de berekening van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie is geen complete levenscyclusanalyse (LCA) uitgevoerd (RVO.nl en CBS, 2015), omdat dat ingewikkeld is en omdat er veel gegevens voor nodig zijn. Zeker bij de vloeibare biotransportbrandstoffen

zou een complete LCA wel wat nauwkeuriger zijn, omdat het maken van biotransportbrandstoffen uit ruwe plantaardige grondstoffen meer energie kost dan het maken van benzine en diesel uit ruwe aardolie (Edwards et. al, 2007).

Groen gas

Groen gas is biogas dat is opgewerkt tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd wordt in het aardgasnet. Soms wordt ook ruw biogas tot groen gas gerekend of biogas dat wordt opgewerkt tot *Compressed Natural Gas* (CNG) voor verbruik in vervoer. Hier gaat het alleen over groen gas dat geïnjecteerd wordt in het aardgasnet. Directe injectie van ruw biogas in het aardgasnet kan niet, onder andere omdat de verbrandingswaarde van biogas een stuk lager is.

8.1.3 Groen gas: biogas, opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd in aardgasnet

	Productie			Aandeel	Bruto energetisch eindverbruik				
	uit stortgas	uit overig biogas	totaal	totaal	in totaal aardgasverbruik	als elektriciteit	als warmte	voor vervoer	totaal
	Mln m ³		TJ ¹⁾	%	TJ ¹⁾				
2000	17	0	17	549	0,04	69	364	0	433
2005	14	0	14	446	0,03	62	283	0	345
2010	11	0	11	345	0,02	57	212	0	269
2011	10	7	17	545	0,04	95	325	0	420
2012	8	20	28	875	0,06	130	578	1	709
2013	5	42	47	1 492	0,11	218	996	1	1 215
2014**	7	54	62	1 952	0,16	300	1 240	1	1 541
2015**	6	74	80	2 525	0,21	388	1 604	2	1 994

Bron: CBS.

¹⁾ Onderwaarde.

Op stortplaatsen wordt al jaren groen gas gemaakt. De biogasproductie op stortplaatsen loopt echter terug, omdat er nog maar weinig afval wordt gestort. Het meeste biogas voor groen gas is afkomstig van andere bronnen zoals vergisters van afvalverwerkingsbedrijven, industrie en landbouw. De afgelopen jaren zijn er telkens nieuwe projecten bijgekomen met groen gas uit overig biogas en sinds 2011 stijgt de groengasproductie weer. In 2015 groeide de groen gasproductie met bijna 30 procent naar 80 miljoen m³. Dit komt overeen met ongeveer twee promille van het totale aardgasverbruik in Nederland.

De groei in de productie van groen gas heeft vooral te maken met de subsidieregeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE), die, in tegenstelling tot de voorgaande MEP, ook open staat voor groengasprojecten. Medio 2016 was in totaal voor de SDE-jaren 2008 tot en met 2015 voor 300 megawatt vermogen aan groengasinstallaties beschikt. Van die beschikkingen is nog 164 megawatt niet gerealiseerd; het meeste daarvan behoort tot de beschikkingen op grond van SDE+ 2014 (RVO, 2016b).

Het bruto energetisch eindverbruik van groen gas wordt berekend door uit de Europese energiestatistieken voor Nederland af te leiden welk deel van het primair aardgasverbruik

leidt tot bruto energetisch eindverbruik (Eurostat, 2011). De gebruikte methode verdeelt het primair verbruik van aardgas daarbij in vijf bestemmingen:

- energetisch eindverbruik voor warmte (gemiddeld 63 procent de laatste 10 jaar). Dit is verbruik in warmteketels plus de warmte uit aardgasinzet in warmtekrachtinstallaties
- energetisch eindverbruik voor elektriciteit (gemiddeld 15 procent in de laatste 10 jaar). Dit is de productie van elektriciteit uit aardgas
- energetisch eindverbruik voor vervoer (minder dan 0,1 procent). Dit is de levering van aardgas voor vervoer
- niet-energetisch eindverbruik (gemiddeld 6 procent de laatste 10 jaar), vooral voor de productie van kunstmest
- transformatieverliezen, vooral voor de productie van elektriciteit al dan niet in combinatie met warmte (gemiddeld 16 procent de laatste 10 jaar).

De eerste drie bestemmingen vallen onder het bruto energetisch eindverbruik voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009. Het komt er dus op neer dat gemiddeld 79 procent van de groen gasproductie telt als bruto energetisch eindverbruik. De verdeling van het aardgas over deze vijf bestemmingen is elk jaar iets anders en wordt uitgerekend volgens de definities uit de internationale energiestatistieken. Niet verkochte warmte uit warmtekrachtkoppeling wordt daarin anders behandeld dan in de nationale energiestatistiek (Segers, 2010).

Duurzaamheid biomassa

De laatste jaren is er een maatschappelijke discussie ontstaan over de duurzaamheid van het gebruik van biomassa. Het gaat dan vaak over de bescherming van tropische bossen, de CO₂-effectiviteit over de hele keten en effecten op voedselprijzen. In de EU-richtlijn voor hernieuwbare energie uit 2009 zijn duurzaamheidscriteria opgenomen voor vloeibare biomassa en biogas voor vervoer. Dat heeft tot gevolg dat vanaf 2011 vloeibare biomassa die niet voldoet aan de criteria, niet meetelt voor de realisatie van de doelstelling en ook geen steun mag ontvangen van nationale regeringen via een subsidie, een korting op de accijns of een verplichting. Voor andere vormen van biomassa gelden geen duurzaamheidscriteria. Er is wel politieke discussie over, maar vooralsnog stelt de Europese Commissie dat de duurzaamheidsrisico's bij andere vormen van biomassa veel geringer zijn (Europese Commissie, 2010).

Vanaf 2012 heeft de Nederlandse Emissieautoriteit gecontroleerd of biobrandstoffen voor vervoer die opgevoerd zijn voor de nationale bijmengplicht voldoen aan de duurzaamheidscriteria uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* (NEa, 2015). CBS heeft gegevens per bedrijf ontvangen van de NEa en vergeleken met eigen gegevens over biobrandstoffen. Daaruit is naar voren gekomen dat nagenoeg alle Nederlandse biobrandstoffen die geleverd zijn voor vervoer in Nederland voldoen aan de duurzaamheidscriteria.

In de Green Deal *Duurzaamheid Vaste Biomassa* hebben bedrijven die veel vaste biomassa verbruiken afgesproken om jaarlijks op vrijwillige basis over de duurzaamheid van de gebruikte vaste biomassa te rapporteren. De rapportage is gericht op houtige biomassa, verreweg de belangrijkste vorm van vaste biomassa. Uit de derde rapportage blijkt dat in 2014 in totaal 1 200 kiloton vaste biomassa is ingezet en dat is 21 procent minder dan in 2013 (RVO.nl, 2015d). De daling werd vooral geconstateerd bij het verbruik van pellets wat het gevolg is van een verminderde bij- en meestook en het uitvallen van een grote bio-energiecentrale.

Door de daling van het gebruik van pellets (vers hout) bestond in 2014 bijna 60 procent van de gerapporteerde houtige biomassa uit verwerkt hout en ruim 30 procent uit vers hout, ontstaan als reststroom of coproduct bij de verwerking van vers hout. In 2013 bestond iets meer dan de helft van de houtige biomassa uit vers hout. Bij gebruikt hout zijn de duurzaamheidsrisico's gering omdat het afval is. Van het verse hout was 52 procent ergens in de keten gecertificeerd (RVO.nl, 2015b).

Aanbod van biomassa

Veel vaste biomassa (69 procent) komt uit het binnenland en het zijn bijna altijd reststromen. Voor het meestoken van biomassa komt de grondstof echter voor een aanzienlijk deel uit het buitenland (RVO.nl, 2015d). Het gaat hierbij vooral om houtpellets (geperste brokjes hout) uit de VS. In 2014 is de totale invoer van pellets sterk gedaald door de eerdergenoemde afgenomen bij- en meestook.

8.1.4 Aanbod van vaste en vloeibare biomassa (TJ)

	Productie	Import	Export	Netto import	Onttrekking voorraad	Verbruik
Biogene deel huishoudelijk afval						
2010	34 208		0	0	0	34 208
2011	36 687	1 928	1 255	673	0	37 360
2012	35 759	5 506	1 471	4 035	0	39 794
2013	33 445	8 689	1 445	7 244	0	40 689
2014	33 251	8 433	1 419	7 014	0	40 265
Vaste biomassa¹⁾						
2010	50 605	23 153	10 864	12 289	0	62 894
2011	47 040	22 245	8 846	13 399	0	60 439
2012	51 785	18 944	9 059	9 885	0	61 669
2013	52 412	12 976	12 776	200	0	52 613
2014	54 158	5 577	11 649	-6 072	0	48 086
Biodiesel²⁾						
2010	14 134	.	.	-12 557	2 386	3 963
2011	18 167	.	.	-9 195	-1 764	7 207
2012	43 549	.	.	-32 693	-2 050	8 806
2013	50 875	.	.	-38 605	-4 130	8 140
2014	63 640	.	.	-55 939	2 606	10 307
Biobenzine²⁾						
2010	.	.	.	.	199	5 614
2011	.	.	.	.	-1	6 231
2012	.	.	.	.	-259	5 211
2013	11 178	.	.	-6 061	121	5 238
2014	.	.	.	.	353	5 379
Overige vloeibare biomassa						
2010	1 072	0	0	0	0	1 072
2011	144	0	0	0	0	144
2012	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0

Bron: CBS.

¹⁾ Exclusief biogene fractie huishoudelijk afval en exclusief houtskool.

²⁾ Puur en bijgemengd in benzine of diesel, fysieke stromen, exclusief dubbelstellingen.

In Nederland worden ook houtpellets gemaakt. De totale productie was volgens een enquête van Probos in 2015 266 mln kg en dat is 4 procent minder dan in 2014 (276 mln kg). Ruim twee derde van deze productie wordt geëxporteerd (Oldenburger, pers. med.).

Er vindt ook export van andere vaste biomassa plaats. De administratie van de *Europese Verordening Overbrenging Afvalstoffen* (EVOA) van RVO schat dat in de periode 2007–2013 jaarlijks ongeveer 10 PJ biogeen afval met een energetische bestemming is uitgevoerd. Het gaat dan vooral om bouw- en sloophout. De trend is wel dalende. Dat zou te maken kunnen hebben met een toename van het verbruik van afvalhout voor energie in Nederland (zie 8.4). Voor 2014 is de export van vaste biomassa geschat door uit te gaan van de gegevens van 2013 en daar de verandering van het binnenlands verbruik van afvalhout voor energie vanaf te halen. EVOA-gegevens vanaf 2014 zullen later beschikbaar komen. Er is ook export van schoon afvalhout (A-hout) voor energie. Dit wordt niet geregistreerd via de EVOA. Bij gebrek aan informatie wordt de export van schoon afvalhout voor energie vooralsnog niet meegenomen

De binnenlandse productie van biobrandstoffen voor vervoer is veel groter dan het verbruik. Nederland is daarom een netto exporteur van biobrandstoffen. De situatie is daarmee vergelijkbaar met fossiele brandstoffen voor vervoer. In Nederlandse aardolieraffinaderijen worden ook veel meer motorbrandstoffen gemaakt dan we gebruiken in Nederland. Deze situatie is verklaarbaar door de grote zeehaven in Rotterdam waar grondstoffen voor de productie van fossiele en biogene producten relatief makkelijk kunnen worden aangevoerd en de producten makkelijk kunnen worden verscheept naar andere landen.

Voor huishoudelijk afval wordt import steeds belangrijker. Reden daarvoor is dat de capaciteit van de afvalverbrandingsinstallaties de laatste jaren is uitgebreid en dat het binnenlandse aanbod van afval is afgenomen. Om de investering in de dure installaties terug te verdienen is het voor de bedrijven van belang om de installatie zoveel mogelijk te gebruiken. Dankzij de nabijheid van zeehavens is het relatief goedkoop om afval te importeren uit Europese landen waar de capaciteit voor verwerking van afval schaars is.

8.2 Afvalverbrandingsinstallaties

Afval dat verbrand wordt door afvalverbrandingsinstallaties is op energiebasis voor ongeveer de helft van biogene oorsprong. Daarom telt ongeveer de helft van de energieproductie door afvalverbrandingsinstallaties als hernieuwbare energie. In Nederland zijn er twaalf afvalverbrandingsinstallaties. Deze grote installaties waren in 2015 goed voor 17 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie.

Ontwikkelingen

De productie van hernieuwbare energie uit afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) toont sinds 2009 een duidelijke stijging. Tot en met 2011 had de stijging vooral te maken met het in gebruik nemen van nieuwe installaties, daarna kwam de stijging door nieuwe leidingen voor leveringen van stoom aan nabijgelegen industrie en warm water vooral voor

bestaande stadsverwarmingsnetten. In vijf jaar tijd is de warmteproductie verdubbeld tot 23 PJ. Bij veel installaties werd de warmte nog lang niet volledig benut, waardoor de extra warmteleveringen slechts in beperkte mate ten koste gingen van de elektriciteitsproductie. Vanaf 1990 tot en met 2002 is het biogene aandeel van het verbrande afval langzaam gedaald. Dat had te maken met het opkomen van het apart inzamelen van groente-, fruit- en tuinafval. In 2003 kwam aan deze daling een eind en tot en met 2012 steeg de biogene fractie weer om sindsdien min of meer constant te blijven (rond 55%). Een betere scheiding van het plastic afval speelde daarbij een rol (Agentschap NL, 2013). De onzekerheid over de biogene fractie blijft echter relatief groot.

8.2.1 Afvalverbrandingsinstallaties: vermogen, verbrand afval, energiebalans

	Verbrand afval		Elektriciteit		Warmte		Fossiele brandstoffen	
	massa	energie	vermogen	bruto productie	verbruik	netto productie	productie	verbruik
	Kton	TJ	MW	Mln kWh		TJ		
1990	2 780	22 840	196	933	134	799	3 325	0
1995	2 913	28 654	277	1 308	325	983	2 727	93
2000	4 896	49 767	394	2 520	565	1 956	2 319	796
2005	5 454	56 722	429	2 738	609	2 129	3 921	938
2010	6 586	64 543	586	3 376	701	2 675	4 097	950
2011	7 207	69 187	649	3 829	753	3 075	6 916	1 125
2012	7 480	71 060	649	4 041	787	3 254	15 451	891
2013	7 549	73 980	649	3 819	752	3 067	18 129	882
2014	7 601	74 566	649	3 578	801	2 777	19 908	910
2015**	7 459	73 171	649	3 676	823	2 853	23 157	935

Bron: CBS.

8.2.2 Afvalverbrandingsinstallaties: hernieuwbare fractie en hernieuwbare energie

	Afval		Elektriciteit		Warmte	Bruto energetisch eindverbruik		Effect		
	her-nieuwbare fractie	inzet biogeen afval	bruto her-nieuwbare-productie	netto her-nieuwbare productie	her-nieuwbare productie	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
	%	TJ	Mln kWh	TJ						Kton
1990	58	13 205	539	462	1 922	1 942	2 203	4 145	6 453	432
1995	54	15 450	703	528	1 522	2 530	1 770	4 300	6 593	447
2000	51	25 512	1 272	987	3 597	4 578	4 548	9 126	12 420	835
2005	47	26 659	1 266	984	4 168	4 557	5 241	9 798	12 793	834
2010	53	34 208	1 763	1 397	5 847	6 348	7 708	14 056	17 436	1 115
2011	54	37 361	2 034	1 634	7 480	7 324	9 069	16 393	20 900	1 329
2012	56	39 794	2 235	1 800	8 545	8 045	9 812	17 857	23 950	1 579
2013	55	40 689	2 076	1 667	9 853	7 473	11 053	18 526	24 112	1 604
2014	54	40 265	1 909	1 481	10 621	6 871	11 757	18 628	23 680	1 555
2015**	54	39 512	1 960	1 521	12 347	7 056	13 251	20 307	25 945	1 689

Bron: CBS.

Het verschil tussen de bruto en de netto elektriciteitsproductie is bij de AVI's groter dan bij de andere conversietechnieken. Dit komt vooral doordat de AVI's veel elektriciteit gebruiken voor rookgasreiniging. Sommige AVI's gebruiken ook redelijk wat fossiele brandstoffen

voor rookgasreiniging. Het verbruik van fossiele brandstoffen wordt verdisconteerd in de berekening van de productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*).

Methoden

Afvalverbrandingsinstallaties zijn verbrandingsinstallaties die geschikt zijn voor gemengde afvalstromen. Installaties die ontwikkeld zijn voor specifieke afvalstromen, zoals de thermische conversie-installatie in Duiven voor papierslib en de afvalhoutverbranders bij Twence in Hengelo, de AVR Rijnmond en de Huisvuilcentrale in Alkmaar, worden niet meegenomen bij de afvalverbrandingsinstallaties. Deze installaties tellen wel mee voor de hernieuwbare energie, maar dan bij de bedrijven die biomassa stoken voor elektriciteit (8.4).

Het elektrisch vermogen is afkomstig uit de CBS-statistiek Productiemiddelen Elektriciteit. De tijdreeks van het verbrande afval is tot en met 2014 afkomstig van Rijkswaterstaat Leefomgeving die deze opstelt in het kader van de Werkgroep afvalregistratie (WAR, een samenwerkingsverband van Rijkswaterstaat Leefomgeving, het Interprovinciaal overleg (IPO) en de Vereniging Afvalbedrijven) met behulp van een enquête onder de AVI's. Voor 2015 heeft CBS zelf voorlopige cijfers gemaakt op basis van eigen waarneming, omdat de gegevens uit de WAR nog niet beschikbaar waren.

Voor de calorische waarde en de biogene fractie is gebruik gemaakt van gegevens die Rijkswaterstaat Leefomgeving jaarlijks maakt voor de IPCC monitoring. Voor 2015 waren er nog geen nieuwe cijfers en zijn de cijfers voor 2014 aangehouden.

De elektriciteits- en warmteproductie van de AVI's is bepaald op basis van energie-enquêtes van CBS. De respons op deze enquêtes is ruim 90 procent. Ontbrekende gegevens zijn bijgeschat op basis van milieujaarverslagen en rapportages van de AVI's aan Rijkswaterstaat Leefomgeving voor de WAR en de vaststelling van de zogenoemde R1-status ('nuttige toepassing'). Voorwaarde voor deze Europese status is een voldoende hoog rendement. De R1-status maakt het AVI's vergunningstechnisch makkelijker om afval uit andere landen te importeren.

Met het nieuwe Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie (2015) is bepaald dat warmte benut voor rookgasreiniging meetelt in het bruto eindverbruik. Hoewel het gaat om 'onverkochte warmte' is hier sprake van nuttig gebruik van energie in het proces en daarom telt het mee in de totale prestatie van het bedrijf. De hoeveelheden warmte voor rookgasreiniging zijn afkomstig uit de R1-rapportage. Als hernieuwbaar bruto eindverbruik telt de verbrandingswaarde van het biogene deel van de voor dit doel ingezette hoeveelheid afval. Cijfers over de warmte voor rookgasreiniging zijn alleen beschikbaar voor 2014 en daarna. Cijfers over oudere jaren zijn geschat op basis van de leeftijd van de afvalverbrandingsinstallaties en kennis bij Rijkswaterstaat Leefomgeving over belangrijke aanpassingen aan de installaties in het verleden.

Op basis van de vergelijking tussen de milieujaarverslagen, R1-rapportages en de energie-enquêtes schat CBS de onnauwkeurigheid in de geleverde energieproductie van de AVI's op ongeveer 5 procent. De niet verkochte warmte is relatief gezien wat onzekerder, omdat het complex kan zijn om de stromen op een eenduidige manier af te bakenen. Alles bij elkaar genomen ligt de grootste onzekerheid in de hernieuwbare energie uit AVI's bij de bepaling van de biogene fractie. Deze onzekerheid wordt geschat op 10 procent.

8.3 Meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales

Bij het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales gaat het om centrales die kolen gebruiken als hoofdbrandstof. Een gedeelte van deze kolen kan vervangen worden door verschillende soorten biomassa. Een veelgebruikte soort zijn houtpellets. Houtpellets bestaan uit samengeperste brokjes hout. Dit samenpersen kost geld en energie, maar heeft als voordeel dat het makkelijker is om het hout te transporteren en schoon te verbranden met een beperkt verlies aan elektrisch rendement. In 2013 was het meestoken van biomassa verantwoordelijk voor ongeveer 7 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie. Voor 2014 en 2015 kunnen vanwege de vertrouwelijkheid van de gegevens door het geringe aantal meestokende bedrijven geen uitkomsten worden gepresenteerd.

Ontwikkelingen

Na een sterke groei in de jaren 2003–2005 is het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales in 2006 iets gedaald en in 2007 zelfs gehalveerd. Daarna is het weer toegenomen en in 2010 en 2011 werd weer ongeveer evenveel biomassa meegestookt als in 2005 en 2006. In 2012 en vooral 2013 daalde het meestoken echter weer aanzienlijk. De groei van het meestoken van 2003 tot 2005 kwam door het gereedkomen van enkele technische aanpassingen waardoor het mogelijk werd om grotere hoeveelheden biomassa mee te stoken. Verder waren de subsidiëtarieven in 2005 waarschijnlijk ruim voldoende om de meerkosten van het meestoken van biomassa te dekken (De Vries et al., 2005). Een gevolg van de snelle groei van het meestoken was dat de minister van Economische Zaken in mei 2005 de subsidieregeling voor nieuwe meestookprojecten sloot. Daarnaast zijn per 1 juli 2006 de subsidiëtarieven van bestaande meestookprojecten voor vloeibare biomassa fors naar beneden bijgesteld. Samen met de maatschappelijke discussie over de duurzaamheid van palmolie heeft dit waarschijnlijk bijgedragen aan de snelle daling van het meestoken in 2007.

8.3.1 Meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales

	Biomassa		Elektriciteit		Warmte		Bruto energetisch eindverbruik		Effect	
	inzet	bruto-productie	netto-productie	productie	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂	
	TJ	Mln kWh	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	Kton
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	33	4	4	1	15	1	16	33	3	
2000	1 755	208	198	15	748	15	763	1 755	166	
2005	30 522	3 449	3 310	693	12 416	693	13 109	30 522	2 394	
2010	28 545	3 237	3 043	1 267	11 653	1 267	12 920	28 545	2 703	
2011	27 855	3 182	2 979	920	11 457	920	12 377	27 855	2 638	
2012	26 295	2 953	2 802	658	10 632	658	11 290	26 295	2 490	
2013	15 691	1 814	1 699	417	6 531	417	6 948	15 691	1 486	

Bron: CBS.

De groei ná 2007 kwam door het uitbreiden van de capaciteit voor meestoken bij centrales die in 2007 ook al biomassa meestookten. Biomassa kost meer dan kolen, maar blijkbaar wegen de extra opbrengsten uit subsidie en CO₂-rechten op tegen deze extra kosten. De daling in 2012 en 2013 houdt verband met het (gedeeltelijk) aflopen van de MEP-subsidie (Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie), die een subsidieduur kent van maximaal 10 jaar.

Methode

De gegevens over de hernieuwbare-elektriciteitsproductie zijn afkomstig uit de administratie achter de certificaten voor Garanties van Oorsprong voor groene stroom van CertiQ. Daarbij is de hernieuwbare-elektriciteitsproductie berekend door de totale elektriciteitsproductie van een installatie te vermenigvuldigen met het aandeel 'hernieuwbaar' van de ingezette brandstoffen (op energetische basis). De impliciete aanname daarbij is dat 1 joule biomassa 1 joule fossiele brandstoffen vervangt. Deze aanname wordt ook gemaakt in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*. Waarschijnlijk is deze brandstofs substitutie niet 100 procent, maar enkele procenten lager. Voor de berekening van de subsidietarieven voor het meestoken (MEP-regeling, Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie) wordt uitgegaan van 93 procent voor de kolencentrales (De Vries et al., 2005 en Tilburg, et al., 2007).

Voor de inzet van biomassa is gebruik gemaakt van de opgaven van bedrijven uit de CBS-enquêtes. De gegevens uit de administratie van CertiQ en de CBS-enquêtes zijn op individueel niveau met elkaar geconfronteerd. Als controle is daarnaast ook gebruik gemaakt van de milieujaarverslagen. Bij verschillen groter dan 200 TJ inzet biomassa was altijd duidelijk wat de oorzaak was, of is deze achterhaald door het doen van navraag bij de centrales. Afgezien van de onzekerheid in de brandstofs substitutie wordt de onnauwkeurigheid in de hernieuwbare energie uit het meestoken van biomassa in centrales geschat op 3 procent.

8.4 Stoken van biomassa voor elektriciteit bij bedrijven

Het gaat hier om installaties die vaste of vloeibare biomassa verbranden voor de productie van elektriciteit, al dan niet in combinatie met warmteproductie, uitgezonderd het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales. De belangrijkste groep zijn de vier installaties voor het verbranden van afvalhout in Hengelo, Alkmaar, Rotterdam en Delfzijl. Daarnaast gaat het om het verbranden van diverse afvalstromen zoals kippenmest of papierslib in installaties die speciaal ontworpen zijn voor deze soort biomassa en meerdere kleinschalige installaties die vooral schoon resthout verbranden. De ongeveer twintig installaties waren in 2013 goed voor 5 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie. Om te voorkomen dat vertrouwelijke cijfers over het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales kunnen worden teruggerekend zijn de cijfers over het stoken van biomassa voor elektriciteit bij bedrijven in 2014 en 2015 ook vertrouwelijk.

Ontwikkelingen

Van 2009 tot en met 2013 fluctueert de energieproductie rond het zelfde niveau. De jaarlijkse productie van de diverse individuele installaties kan sterk fluctueren door het al dan niet optreden van storingen en de noodzaak tot onderhoud. MEP-subsidie is de belangrijkste subsidieregeling voor deze categorie. De SDE-subsidieregeling heeft nog niet geleid tot veel gerealiseerde projecten.

8.4.1 Stoken van vaste en vloeibare biomassa voor decentrale elektriciteitsproductie

	Biomassa	Elektriciteit		Warmte	Bruto energetisch eindverbruik			Effect		
	verbruik	bruto-productie	netto-productie	totale productie	waarvan verkochte warmte	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
	TJ	Mln kWh	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	Kton
1990	440	34	33	233	233	124	233	357	572	37
1995	477	36	35	247	247	131	247	378	609	39
2000	3 333	234	216	188	188	843	188	1 031	2 161	151
2005	3 524	253	235	468	468	910	468	1 378	2 626	175
2010	12 725	1 015	894	784	784	3 653	784	4 436	8 445	559
2011	10 138	806	705	994	994	2 902	994	3 896	6 927	455
2012	12 482	1 007	885	1 150	780	3 625	1 292	4 917	8 845	611
2013	13 436	1 084	961	1 241	856	3 904	1 436	5 340	9 501	676

Bron: CBS.

Methode

Voor de elektriciteitsproductie is CertiQ de belangrijkste bron, met informatie uit de winning- en omzettingenquêtes van CBS als aanvulling. Als aanvulling en controle is gebruik gemaakt van milieujaarverslagen en informatie van RVO.nl over de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA). De onzekerheid in de hernieuwbare energie uit de decentrale biomassaverbranding voor elektriciteit wordt geschat op ongeveer 10 procent.

8.5 Stoken van biomassa voor warmte bij bedrijven

Biomassa kan in vaste en vloeibare vorm (afvalhout, slachtafval, papierslib) verstoekt worden in ketels en kachels voor warmteproductie. Zo heeft de houtverwerkende industrie al jaren houtketels waarin de bedrijven hun eigen afvalhout stoken. Sinds 2006 hebben ook steeds meer bedrijven uit de intensieve veehouderij houtketels voor het verwarmen van stallen. In de meeste gevallen wordt de warmte door de producent zelf verbruikt. Het stoken van biomassa voor warmte draagt voor ruim 7 procent bij aan het totale verbruik van hernieuwbare energie.

Ontwikkelingen

In 2015 groeide de inzet van biomassa en daarmee de warmteproductie met respectievelijk 17 procent en 18 procent; in 2014 was dat nog 39 en 37 procent. De groei in 2014 was echter zo hoog omdat toen enkele bedrijven gestopt waren met het produceren van elektriciteit (8.4) en naar deze categorie van warmteproducenten verplaatst werden. Overigens is de groei in 2015 van de inzet van biomassa met 17 procent fors, want tussen 2010 en 2013 ging het vaak maar om enkele procenten.

De biomassaketels voor warmte worden uitgesplitst in twee groepen: een beperkt aantal grotere ketels voor biomassa anders dan hout en een groot aantal houtketels met een schaalgrootte variërend van 20 kW tot 10 MW. De laatste twee jaren groeit de energieproductie van beide groepen.

8.5.1 Stoken van vaste en vloeibare biomassa voor warmte bij bedrijven

	Inzet van biomassa			Warmte-productie		Effect		
	totaal	voor verkochte warmte	voor zelf verbruikte warmte	totaal	wv. verkochte warmte	Bruto eindverbruik	vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
	TJ					Kton		
Totaal								
1990	1 725	0	1 725	1 208	0	1 725	1 342	76
1995	1 946	0	1 946	1 382	0	1 946	1 536	87
2000	2 212	0	2 212	1 724	0	2 212	1 916	109
2005	4 106	0	4 106	3 448	0	4 106	3 831	218
2010	5 477	0	5 477	4 568	0	5 477	5 076	287
2011	5 222	0	5 222	4 361	0	5 222	4 846	274
2012	5 344	23	5 321	4 498	19	5 340	4 998	282
2013	5 485	76	5 410	4 693	64	5 474	5 215	295
2014	7 622	422	7 199	6 412	359	7 558	7 124	402
2015**	8 889	858	8 031	7 561	730	8 761	8 402	474
Hout								
2010	3 499	0	3 499	2 974	0	3 499	3 304	187
2011	3 637	0	3 637	3 091	0	3 637	3 435	194
2012	3 793	23	3 770	3 224	19	3 789	3 582	202
2013	4 050	76	3 974	3 442	64	4 038	3 825	216
2014	4 670	422	4 248	3 970	359	4 607	4 411	249
2015**	5 254	858	4 396	4 466	730	5 125	4 962	280
Overige vaste en vloeibare biomassa								
2010	1 979	0	1 979	1 594	0	1 979	1 772	100
2011	1 585	0	1 585	1 270	0	1 585	1 411	80
2012	1 551	0	1 551	1 274	0	1 551	1 416	80
2013	1 436	0	1 436	1 251	0	1 436	1 390	79
2014	2 952	0	2 952	2 442	0	2 952	2 714	153
2015**	3 635	0	3 635	3 095	0	3 635	3 439	194

Bron: CBS.

8.5.2 Opgesteld thermisch vermogen (MW) van houtketels voor warmte bij bedrijven uitgesplitst naar sector

	Houtindustrie	Meubelindustrie	Bouw	Handel	Landbouw	Energiebedrijven	Overig	Totaal
2006	147	65	10	46	63	0	3	333
2007	151	66	11	46	96	0	9	379
2008	151	64	11	44	115	0	14	400
2009	151	64	11	44	128	0	21	419
2010	142	61	12	36	137	0	27	414
2011	140	58	12	37	147	0	31	425
2012	132	56	14	40	157	4	37	440
2013	125	51	13	33	181	12	41	457
2014	131	44	13	26	187	58	49	509
2015**	125	37	16	24	202	62	64	531

Bron: CBS.

8.5.3 Opgesteld aantal en vermogen houtketels voor warmte bij bedrijven uitgesplitst naar vermogensklasse

	Aantal					Vermogen				
	≤ 0,1 MW	> 0,1 t/m 0,5 MW	> 0,5 t/m 1,0 MW	> 1 MW	totaal	≤ 0,1 MW	> 0,1 t/m 0,5 MW	> 0,5 t/m 1,0 MW	> 1 MW	totaal
	MW									
2006	833	216	59	92	1 200	48	64	43	178	333
2007	1 182	259	69	95	1 605	69	74	49	186	379
2008	1 404	304	74	92	1 874	80	86	53	181	400
2009	1 536	341	76	92	2 045	87	93	55	185	419
2010	1 700	356	74	87	2 217	95	94	53	171	414
2011	1 869	383	73	85	2 410	104	101	52	169	425
2012	1 998	432	74	82	2 586	111	113	53	163	440
2013	2 111	501	80	77	2 769	117	127	57	156	457
2014	2 184	525	83	76	2 868	121	132	60	196	509
2015**	2 230	568	94	74	2 966	124	143	69	195	531

Bron: CBS.

8.5.4 Houtketels en -kachels voor warmte bij bedrijven naar provincie, 2015**

	Aantal	Vermogen
		MW
Groningen	120	12
Friesland	233	31
Drenthe	155	14
Overijssel	421	58
Flevoland	61	11
Gelderland	871	123
Utrecht	118	13
Noord-Holland	106	90
Zuid-Holland	198	38
Zeeland	55	15
Noord-Brabant	480	78
Limburg	148	47
Totaal	2 966	531

Bron: CBS.

Sinds enkele jaren komen de grotere ketels (vanaf 500 kW) voor SDE-subsidie in aanmerking. Dat heeft vooral in 2014 geleid tot een toename van de grotere ketels. In 2015 is de groei vooral te vinden bij de houtketels met een vermogen van 0,1 tot 1 MW. Veel van die ketels zijn geplaatst bij landbouwbedrijven.

De meeste houtketels staan in Gelderland, Noord-Brabant en Overijssel. Dit zijn grote provincies met intensieve veehouderij en hout- en meubelindustrie, de sectoren waar de meeste houtketels staan. Noord-Holland staat ook hoog in de lijst wegens de grote installatie van de stadverwarming in Purmerend.

Methode

De informatie over de warmteproductie en het brandstofverbruik komt uit overheids-registraties zoals een subsidieregeling of milieujaarverslag dan wel uit directe waarneming (bij de grotere installaties) door CBS.

De gegevens over de aantallen en het vermogen van houtkachels voor warmte bij bedrijven zijn gebaseerd op inventarisaties onder de leveranciers van houtketels en houtkachels groter dan 18 kW met peiljaren 1991 (Sulilatu, 1992), 1997 (Sulilatu, 1998) en vanaf 2004 (CBS). Voor ontbrekende jaren is geïnterpoleerd. Voor deze inventarisatie stuurt CBS elk jaar een vragenlijst naar de leveranciers.

De warmteproductie is berekend uit het vermogen op basis van 3 000 vollasturen bij landbouwbedrijven en 1 500 vollasturen bij bedrijven in de overige sectoren (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie 2015*). Voor de inzet van biomassa is uitgegaan van de warmteproductie en de rendementen zoals beschreven in het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*.

De uitsplitsing naar sector is gebaseerd op opgaven van de leveranciers van ketels en kachels. Ook de uitsplitsing naar provincie is gebaseerd op opgaven per installatie van de leveranciers van de ketels en kachels voor installaties groter dan 100 kW. Voor ketels en kachels kleiner dan 100 kW heeft CBS geen gegevens per installatie. De meeste kleinere ketels en kachels staan echter bij landbouwbedrijven. CBS heeft daarom de meest recente gegevens uit de Landbouwtelling over het aantal bedrijven met een houtketel of -kachels gebruikt om de kleinere ketels en kachels over de provincies te verdelen.

Door de non-respons op de CBS-vragenlijst, de onzekerheid over het aantal vollasturen van de houtketels en de timing van het uit gebruik nemen, bevatten de cijfers over de houtketels bij bedrijven een behoorlijke onzekerheid. CBS schat deze onzekerheid op 30 procent.

8.6 Stoken van biomassa door huishoudens

Ongeveer een miljoen huishoudens hebben een houtgestookte installatie. Meestal worden deze installaties niet als hoofdverwarming gebruikt, maar bij elkaar wordt er toch een aanzienlijke hoeveelheid hout verstoekt. Voor het eindverbruik van hernieuwbare energie

telt de hoeveelheid verstoekt hout en dit kwam in 2015 overeen met maar liefst een zesde van het bruto eindverbruik van hernieuwbare energie in Nederland.

Daarnaast verbruiken veel Nederlandse huishoudens af en toe wat houtskool op de barbecue. Dit telt ook als verbruik van hernieuwbare energie. Het gaat om een kwart procent van het totale eindverbruik van hernieuwbare energie.

Ontwikkelingen

8.6.1 Biomassa bij huishoudens

	Aantal in gebruik	Inzet biomassa		Warmte- productie	Bruto eindverbruik	Vermeden ver- bruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO ₂	
	1 000	Kton	TJ				Kton	
Totaal								
1990		948	952	12 949	4 875	12 949	5 132	291
1995		967	996	13 540	5 314	13 540	5 593	318
2000		971	1 043	14 187	6 559	14 187	6 905	392
2005		959	1 166	15 857	8 446	15 857	8 890	505
2010		960	1 240	16 859	9 852	16 859	10 370	587
2011		969	1 251	17 008	10 081	17 008	10 612	600
2012		981	1 264	17 189	10 325	17 189	10 868	614
2013		996	1 297	17 640	10 758	17 640	11 324	640
2014		1 013	1 332	18 111	11 197	18 111	11 786	665
2015**		1 020	1 351	18 368	11 483	18 368	12 087	687
Openhaarden								
1990		618	309	4 201	420	4 201	442	25
1995		553	276	3 760	376	3 760	396	22
2000		486	243	3 305	330	3 305	348	20
2005		426	213	2 897	290	2 897	305	17
2010		386	193	2 623	262	2 623	276	16
2011		381	190	2 588	259	2 588	272	15
2012		377	189	2 564	256	2 564	270	15
2013		375	187	2 550	255	2 550	268	15
2014		374	187	2 542	254	2 542	268	15
2015**		370	185	2 518	252	2 518	265	15
Inzethaarden								
1990		147	192	2 612	1 231	2 612	1 295	74
1995		255	387	5 268	2 507	5 268	2 639	150
2000		245	391	5 315	2 654	5 315	2 794	159
2005		223	356	4 838	2 548	4 838	2 682	152
2010		180	286	3 895	2 118	3 895	2 230	126
2011		172	273	3 718	2 038	3 718	2 145	121
2012		164	261	3 546	1 960	3 546	2 063	117
2013		156	249	3 382	1 886	3 382	1 985	112
2014		149	237	3 223	1 814	3 223	1 910	108
2015**		141	225	3 059	1 737	3 059	1 829	104
Vrijstaande kachels								
1990		182	451	6 135	3 224	6 135	3 394	193
1995		159	332	4 513	2 431	4 513	2 559	145
2000		241	409	5 567	3 575	5 567	3 763	214
2005		310	597	8 122	5 608	8 122	5 903	335
2010		394	760	10 340	7 471	10 340	7 864	445
2011		416	787	10 702	7 785	10 702	8 195	463
2012		440	815	11 078	8 108	11 078	8 535	482
2013		465	861	11 709	8 617	11 709	9 070	512
2014		490	908	12 345	9 128	12 345	9 609	542
2015**		508	941	12 792	9 494	12 792	9 993	568
Houtskool (elk jaar)								
1990-2015**			9	270	.	270	.	.

Bron: CBS en TNO.

Het gebruik van hout in huishoudelijke houtkachels stijgt langzaam. Binnen de huishoudelijke houtkachels kunnen drie soorten worden onderscheiden: open haarden, inzethaarden en vrijstaande kachels. De laatste twee groepen worden veel vaker gebruikt en hebben een hoger rendement dan open haarden. Het aantal openhaarden en inzethaarden daalt, terwijl het aantal vrijstaande kachels stijgt. De sterke toename van het aantal vrijstaande kachels en het intensieve gebruik van deze kachels verklaren de groei van het totale houtverbruik.

Methodie

De gegevens voor de aantallen in gebruik zijnde huishoudelijke houtkachels, het houtverbruik en het rendement zijn afkomstig van TNO. TNO stelt deze gegevens samen voor de nationale emissiejaarrapportage. TNO baseert zich op steekproefonderzoeken naar het houtverbruik onder huishoudens waarvan de laatste beschreven is door Segers (2013). Ontbrekende gegevens worden aangevuld met een parkmodel van de houtkachels, verkoopcijfers en expertschattingen van rendementen en levensduur van kachels (Jansen, 2016).

De verschillen met een schatting van het houtverbruik via de aanbodzijde zijn groot (Segers, 2013). Zowel de bepaling van het houtverbruik via de aanbodzijde (schatting van de opbrengst van brandhout uit bos, landschap, stedelijk groen en afval) als via de vraagzijde (enquête onder huishoudens) kent veel onzekerheden. CBS schat de onzekerheid in het houtverbruik op 35 procent (Segers, 2013).

De schatting van het houtskoolverbruik is gebaseerd op expertkennis van buiten CBS. De database van het CBS-Budgetonderzoek bevat ook gegevens over het houtskoolverbruik. Door de beperkte waarneemperiode is het aantal waarnemingen van houtskoolaankopen klein en zit er veel statistische ruis in de uitkomsten. Gemiddeld gaven huishoudens in de periode 2003–2010 1,50 euro per jaar uit aan houtskool. Met een gemiddelde prijs van 1,65 euro per kg en 7 miljoen huishoudens komt dat neer op 6,4 miljoen kg per jaar voor heel Nederland. Dat komt dus redelijk in de buurt van de 9 miljoen kg waar CBS nu vanuit gaat. CBS schat de onzekerheid in het houtskoolverbruik op 50 procent.

Het vermeden verbruik van primaire energie door het gebruik van houtskool is nihil (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*).

8.7 Stortgas

Stortgas is biogas uit stortplaatsen. Het meeste afgevangen stortgas wordt omgezet in elektriciteit. Op drietal stortplaatsen wordt stortgas met een flink volume omgezet in een gas met eigenschappen die sterk lijken op die van aardgas. Dit groen gas wordt vervolgens in het aardgasnet geïnjecteerd. Daarnaast wordt er nog een beetje stortgas direct voor warmtetoepassingen gebruikt. In 2015 leverde het stortgas ongeveer 0,3 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie.

Ontwikkelingen

De productie van hernieuwbare energie uit stortgas is over haar hoogtepunt heen. De afname wordt veroorzaakt doordat steeds minder afval gestort wordt en het afval dat reeds gestort is steeds minder gas produceert (Rijkswaterstaat, 2015). De laatste tien jaar wordt er jaarlijks steeds tussen 5 en 10 procent minder stortgas geproduceerd.

8.7.1 Stortgas

	Biogas				Elektriciteit	Warmte	Aardgas	Bruto energetisch eindverbruik			Effect	
	winning	inzet voor elektriciteits- productie	omzetting in aardgas	finaal verbruik	bruto- productie	productie uit warmte- kracht- koppeling	productie ¹⁾	elektriciteit ²⁾	warmte ²⁾	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
	TJ				Mln kWh	TJ						Kton
1990	392	221	101	70	17	20	101	70	157	227	337	22
1995	2 238	1 563	399	276	142	151	399	551	705	1 256	2 124	140
2000	2 313	1 697	549	67	158	44	549	638	475	1 113	2 000	135
2005	1 909	1 463	446	0	131	68	446	534	351	884	1 623	107
2010	1 538	1 193	345	0	93	55	345	391	267	659	1 142	74
2011	1 364	1 048	316	0	82	67	316	348	256	605	1 020	66
2012	1 251	916	247	88	68	0	247	281	251	532	880	59
2013	1 080	789	173	118	55	0	173	222	234	456	726	49
2014	955	637	231	86	46	0	231	202	233	436	686	46
2015**	793	518	188	86	38	0	188	165	206	371	574	39

Bron: CBS.

¹⁾ Inclusief beperkte hoeveelheid extern geleverd ruw stortgas.

²⁾ Inclusief elektriciteit of warmte toegerekend aan de productie van groen gas (biogas opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd in aardgasnet).

Methode

Tot en met 1996 komen de gegevens uit de energie-enquêtes van CBS. Vanaf het jaar 1997 zijn de gegevens afkomstig uit de stortgasenquête in het kader van de Werkgroep Afvalregistratie (Rijkswaterstaat, 2015). Tot en met het verslagjaar 2004 werd deze enquête uitgevoerd door de Vereniging Afvalbedrijven, vanaf 2005 door Rijkswaterstaat Leefomgeving (voorheen Agentschap NL). In deze enquête worden energiegegevens van alle stortplaatsen gevraagd.

Voor de nader voorlopige cijfers van 2015 waren de gegevens uit de Werkgroep Afvalregistratie (WAR) nog niet beschikbaar. Daarom is voor de elektriciteitsproductie gebruik gemaakt van de gegevens van CertiQ en voor de aardgasproductie van gegevens van Vertogas.

De respons op de WAR-enquête is de laatste jaren (bijna) 100 procent. Echter, soms worden niet alle vragen over energie beantwoord. De ontbrekende gegevens zijn geschat op basis van de wel bekende gegevens. Het bruto eindverbruik van het in aardgas omgezette stortgas is berekend zoals beschreven in 8.1. De onzekerheid in het bruto eindverbruik van energie uit stortgas schat CBS op 10 procent.

8.8 Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties

Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) komt vrij door het vergisten van het uit het zuiveringsproces geproduceerde zuiveringslib. Slibgisting wordt vooral bij de grotere RWZI's toegepast. Er zijn ongeveer 350 RWZI's in Nederland en bij 80 RWZI's wordt biogas gewonnen en nuttig gebruikt. Biogas uit RWZI's draagt bijna 2 procent bij aan het eindverbruik van hernieuwbare energie.

Ontwikkelingen

De productie van hernieuwbare energie met behulp van biogas uit RWZI's was ongeveer stabiel tot en met 2010 maar nam daarna gestaag toe tot 2015. In 2015 blijft de winning van biogas iets onder het niveau van 2014 steken. Bij de inzet van het biogas lijkt de nadruk steeds meer te liggen op het produceren van elektriciteit. Dat komt door het vervangen van oude biogasmotoren door nieuwe met een veel hoger elektrisch rendement (*Resultatenbrochure convenanten Meerjarenaafspraken energie-efficiëntie 2011*, Agentschap NL, 2012).

8.8.1 Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties

	Biogas		Elektriciteit		Warmte uit warmtekrachtinstallaties	Bruto energetisch eindverbruik		Effect		
	winning	inzet voor warmtekrachtinstallaties	finaal verbruik	bruto-productie	bruto-productie	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
	TJ		Mln kWh	TJ				TJ	Kton	
1990	1 516	891	625	71	352	254	1 142	1 396	1 026	68
1995	1 834	1 326	508	106	530	382	1 278	1 660	1 215	83
2000	1 925	1 345	579	111	553	398	1 361	1 760	1 467	97
2005	1 946	1 575	370	123	649	444	1 306	1 750	1 461	96
2010	2 101	1 926	175	164	758	590	1 258	1 848	1 508	100
2011	2 156	1 995	162	173	823	623	1 297	1 920	1 680	110
2012	2 222	2 083	139	185	812	664	1 284	1 948	1 748	121
2013	2 421	2 233	188	194	746	699	1 341	2 040	1 858	132
2014	2 359	2 205	154	201	767	725	1 288	2 013	1 971	140
2015**	2 316	2 177	140	206	713	743	1 205	1 948	1 936	138

Bron: CBS.

Methode

De gegevens zijn afkomstig uit de CBS-enquête Zuivering van Afvalwater. De respons op deze enquête is 100 procent. Vanaf het verslagjaar 2011 is het energiegedeelte van deze enquête gecombineerd met de uitvraag voor de Meerjarenaafspraken Energiebesparing.

De grootste onzekerheid zit in de warmte; deze warmte wordt vaak niet gemeten maar geschat.

Vanaf verslagjaar 2004 is voor het eerst gevraagd om de warmte uit te splitsen naar gebruiksdoel. Het blijkt dat een groot deel van de warmte wordt gebruikt om het productieproces van het biogas op temperatuur te houden. Deze warmte telt niet mee bij de berekening van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie, maar wel bij de berekening van het bruto eindverbruik. Vóór 2004 is niet bekend welk deel van de geproduceerde warmte uit de warmtekrachtinstallaties is gebruikt voor de gisting. Aangenomen is dat de verdeling over gisting en andere processen voor 2004 gelijk is aan de verdeling daarna.

Het bruto eindverbruik voor warmte van RWZI-biogas bestaat uit het finaal verbruik van het biogas (warmteketels) plus een bijdrage die gerelateerd is aan de warmte uit warmtekrachtinstallaties op RWZI-biogas. De warmte uit warmtekrachtinstallaties wordt niet verkocht maar zelf verbruikt en komt daardoor niet direct in de internationale energiestatistieken. In plaats van de warmteproductie uit warmtekrachtinstallaties telt de inzet van biogas in de warmtekrachtinstallaties die wordt toegerekend aan de warmteproductie. Voor dit toerekenen is het nodig om de inzet van biogas voor de warmtekrachtinstallaties te verdelen over de geproduceerde elektriciteit en warmte. CBS maakt deze verdeling op basis van de productie van elektriciteit en warmte in joules volgens de suggestie in de handleiding voor energiestatistieken (IEA/Eurostat, 2004).

Bij enkele RWZI's wordt het biogas omgezet in aardgas. Vanwege de geringe hoeveelheid, mogelijke vertrouwelijkheid van de gegevens en eenvoud wordt deze aardgasproductie vooralsnog geteld als finaal verbruik van biogas.

De onnauwkeurigheid van de hernieuwbare energie uit biogas van RWZI's wordt geschat op 10 procent.

8.9 Biogas, co-vergisting van mest

Co-vergisting van mest omvat de productie van biogas uit het vergisten van mest, samen met andere plantaardige materialen. Gemakshalve wordt co-vergisting van mest ook aangeduid als mestvergisting. Vergisting van mest alleen kan wel, maar gebeurt weinig, omdat het technisch-economisch lastiger is. Co-vergisting van mest leverde in 2015 ongeveer 4 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie.

Ontwikkelingen

De groei van de productie van hernieuwbare energie uit co-vergisting van mest vlakkt af vanaf 2009. Vanaf 2011 daalt de productie van biogas uit de co-vergisting van mest maar deze trend is in 2015 doorbroken met een lichte stijging (+5%). De afname van de groei had in eerste instantie te maken met het ontbreken van een subsidieregeling voor nieuwe installaties na het stopzetten van de MEP-subsidieregeling in augustus

2006. De nieuwe Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE) heeft nog niet geleid tot veel nieuwe productie. Mogelijk speelt hierbij mee dat co-vergisting van mest het momenteel moeilijk heeft door de hoge prijzen van de co-substraten en de lage prijzen voor elektriciteit (Peene et al., 2011 en Van den Boom en Van der Elst, 2013). Een nieuwe ontwikkeling is de toename van de warmteproductie. Dit gaat vooral om extra warmtebenutting – bijvoorbeeld voor het drogen van het vergistingsresidu – op bestaande installaties waarvoor vanaf 2012 SDE-subsidie verkregen kan worden.

8.9.1 Co-vergisting van mest

	Aantal locaties	Biogas		Elektriciteit		Warmte uit warmtekrachtinstallaties	Bruto energetisch eindverbruik			Effect			
		winning en inzet warmtekrachtinstallaties		vermogen ¹⁾	bruto-productie		vollasturen ²⁾	bruto-productie	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
		TJ	MW	Mln kWh	TJ		TJ	Kton					
2005	17	85	5	9	.	8	32	18	50	80	5		
2006	34	561	18	59	.	26	213	62	275	484	34		
2007	52	1 772	43	187	6 131	91	673	211	884	1 525	105		
2008	74	3 505	76	370	6 218	246	1 332	547	1 879	3 135	215		
2009	85	5 002	94	528	6 212	457	1 901	970	2 870	4 508	305		
2010	92	5 445	98	575	5 987	671	2 069	1 333	3 402	4 990	331		
2011	98	5 326	113	562	5 329	660	2 024	1 310	3 334	4 775	316		
2012	95	5 214	117	550	4 786	943	1 981	1 682	3 663	5 154	355		
2013	95	4 977	121	525	4 412	1 069	1 891	1 798	3 689	5 059	356		
2014	101	4 972	131	525	4 166	1 286	1 890	2 014	3 903	5 385	375		
2015**	97	5 207	133	550	4 169	1 492	1 979	2 239	4 217	5 800	402		

Bron: CBS.

¹⁾ Aan het einde van het verslagjaar.

²⁾ Het aantal vollasturen is het aantal uur dat de biogasmotoren op de maximale capaciteit zouden moeten draaien om de gerealiseerde elektriciteitsproductie te halen. Bij de berekening is rekening gehouden met het aantal maanden dat een project in bedrijf is. Het aantal vollasturen is berekend door de bruto elektriciteitsproductie te delen door het gemiddelde van het vermogen aan het begin en het einde van een jaar.

Huidige mestvergisters draaien niet op de volledige capaciteit. Het gemiddeld aantal vollasturen is in 2015 blijven staan op 4,2 duizend. Dat is de helft van het theoretisch maximum en veel lager dan de 8 duizend uur die ECN en KEMA gebruiken voor het doorrekenen van de maximum redelijke subsidiëtarieven (Lensink, 2013). Het lage aantal vollasturen heeft te maken met de hoge prijzen voor hoogcalorische co-substraten (Peene et al., 2011 en Van den Boom en Van der Elst, 2013), waardoor deze minder gebruikt zijn. Laagcalorische stromen leveren minder biogas op per ton. Daar komt bij dat de veranderingen in het menu van de co-vergisters leidt tot toename van de risico's op verstoring van het biologisch proces.

De schaalgrootte van de mestvergisting neemt toe. Was het elektrische vermogen per locatie eind 2005 nog 0,3 MW, eind 2015 was dat toegenomen tot 1,4 MW.

8.9.2 Herkomst en samenstelling input co-vergisting van mest

	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015**
Nat gewicht	Miljard kilo							
Primaire landbouw								
mest	0,44	0,91	0,80	1,38	1,35	1,50	1,51	1,73
maïs	0,11	0,21	0,26	0,36	0,18	0,03	0,04	0,03
overige producten	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,10	0,15	0,10
totaal	0,58	1,14	1,08	1,78	1,59	1,64	1,70	1,86
Agro-industrie	0,05	0,10	0,14	0,54	0,40	0,36	0,37	0,39
Overig	0,09	0,17	0,29	0,23	0,29	0,36	0,29	0,32
Totaal	0,72	1,42	1,52	2,55	2,27	2,36	2,36	2,57
Energie	TJ op bovenwaarde							
Primaire landbouw								
mest	569	1 235	1 037	1 896	1 685	2 112	2 243	2 511
maïs	670	1 262	1 570	2 259	1 053	210	228	155
overige producten	153	151	151	208	245	330	545	363
totaal	1 392	2 647	2 758	4 363	2 983	2 652	3 016	3 028
Agro-industrie	494	1 251	1 479	4 353	2 950	2 991	2 490	2 945
Overig	816	2 276	3 925	2 557	3 151	2 949	2 693	2 139
Totaal	2 702	6 174	8 162	11 273	9 084	8 592	8 199	8 113

Bron: CBS en OWS (2010).

De laatste jaren wordt steeds ruim 2 miljard kg natte biomassa vergist waarvan ruim 60 procent mest was. In 2015 was dat met ruim 2,5 miljard kg en daarvan bijna 70 procent mest iets toegenomen. De totale mestproductie in Nederland was 76 miljard kg. Ongeveer 3 procent daarvan ging dus in 2015 de vergisters in. De calorische waarde van de verschillende soorten voedingsstoffen voor de co-vergisters van mest verschilt aanzienlijk. De calorische waarde van mest is relatief laag. Op energiebasis is het aandeel van de mest dus veel lager (ongeveer een kwart) dan op massabasis (ruim 60 procent).

Maïs is een belangrijk co-product dat wordt meeergist. Vanwege de hoge prijzen wordt er steeds minder maïs meeergist. Naast maïs wordt een hele range aan verschillende producten meeergist. Het kan gaan om resten uit de voedingsmiddelenindustrie, de handel in levensmiddelen, diervoederindustrie of de primaire landbouw.

Het vergisten van mest zonder co-producten heet mono-vergisten en komt in Nederland weinig voor. De installaties zijn door de hoge kosten en het lage rendement moeilijk rendabel te houden. Volgens gebruikers is zelfs met subsidie en het gebruik van de geproduceerde elektriciteit en warmte op het eigen bedrijf (voor de zuivelbereiding op een melkveebedrijf) maar net te doen. FrieslandCampina heeft in het streven naar het voeren van een klimaatneutraal bedrijf het plan om eerst bij tweehonderd melkveehouders het plaatsen van een mono-vergister te faciliteren (niet subsidiëren). Het uiteindelijke doel in 2020 staat op duizend installaties. FrieslandCampina wil met het ministerie van Economische Zaken en LTO een overeenkomst sluiten om de plannen (financieel) van de grond te krijgen (Trouw, 2016).

Methode

De bruto elektriciteitsproductie van de mestvergisters is bepaald aan de hand van gegevens uit de administratie van de certificaten voor Garanties van Oorsprong voor groene stroom van CertiQ. De productie van biogas is geschat op basis van de elektriciteitsproductie en een standaard bruto elektrisch rendement van 38 procent. Het eigen verbruik van elektriciteit is bepaald met behulp van de biogasproductie en kengetallen uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*.

De warmteproductie bestaat uit drie componenten:

- eigen verbruik van warmte voor het op temperatuur houden van de vergister
- niet gesubsidieerde warmteproductie voor toepassingen buiten de vergister
- gesubsidieerde warmteproductie

Het eigen verbruik van warmte is bepaald op basis van een kengetal uit het *Protocol*: 0,04 joule warmte voor de productie van 1 joule biogas. Het verbruik van warmte voor de gisting telt niet mee bij de berekening van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie, maar wel voor het bruto eindverbruik. De niet gesubsidieerde warmteproductie is afkomstig van een aanvullende enquête van CBS onder de landbouwbedrijven in het kader van de meststatistiek tot en met 2011, voor 2013 en 2014. Voor 2012 en 2015 is aangenomen dat de niet-gesubsidieerde warmteproductie gelijk is aan het voorafgaande jaar. De gesubsidieerde warmteproductie is afgeleid uit gegevens van CertiQ.

Net als bij biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) wordt de nuttig gebruikte warmte uit warmtekrachtkoppelinginstallaties (wkk) op biogas uit co-vergisting van mest meestal niet verkocht maar zelf gebruikt. Niet verkochte wkk-warmte komt niet direct terug in internationale energiestatistieken, wat de berekening van het bruto eindverbruik voor verwarming compliceert. In paragraaf 8.8 over de RWZI's wordt daar uitgebreid op ingegaan.

De gegevens over het substraatverbruik in natte massa zijn afkomstig van een aanvullende enquête van CBS onder de landbouwbedrijven in het kader van de meststatistiek. De respons in termen van elektriciteitsproductie op deze enquête was ongeveer 60 procent voor verslagjaar 2015. Ontbrekende gegevens zijn geschat op basis van de elektriciteitsproductie zoals afgeleid uit de bestanden van CertiQ. Daarnaast is in 2015 bij de berekening van de hoeveelheid vergiste mest gebruik gemaakt van de integrale waarneming via vervoersbewijzen van mest aangevoerd naar vergisters. Het substraatverbruik is omgerekend naar energie met behulp van calorische waarden en vochtgehalten per soort substraat uit de literatuur (Koppejan et al., 2009 en AID, 2003). Voor 2010 heeft CBS geen enquête uitgevoerd, maar gebruik gemaakt van de resultaten uit Peene et al. (2011).

Voor 2012 heeft CBS ook geen enquête uitgevoerd naar het substraatverbruik. Voor 2013, 2014 en 2015 heeft CBS weer wel een enquête uitgevoerd.

De certificaten voor Garanties van Oorsprong voor groene stroom van CertiQ zijn een noodzakelijke voorwaarde voor de subsidie, die weer een noodzakelijke voorwaarde is voor het rendabel exploiteren van mestvergisters. Het is dus zeer waarschijnlijk dat de administratie van CertiQ een nagenoeg volledig beeld geeft van de elektriciteitsproductie door biogasinstallaties op landbouwbedrijven. De onzekerheid in de bruto

elektriciteitsproductie wordt daarom geschat op maximaal 5 procent. De onzekerheid in de warmteproductie is groter, gezien de non-respons in de enquête voor de niet-gesubsidieerde warmte buiten de vergister om (zie hiervoor). CBS schat de totale onzekerheid in het bruto eindverbruik van co-vergisting van mest op ongeveer 10 procent.

8.10 Overig biogas

Overig biogas omvat vanaf de jaren negentig biogas uit afvalwater dat gewonnen en gebruikt wordt in de voedingsmiddelenindustrie. Daar wordt via anaerobe afvalwaterzuivering biogas gewonnen dat wordt gebruikt voor de opwekking van elektriciteit en/of proceswarmte. Later zijn daar andere natte biomassastromen bijgekomen, zoals groente- fruit- en tuinafval of afval uit de voedingsmiddelenindustrie. Het gaat momenteel om projecten op ongeveer 50 locaties die goed zijn voor bijna 4 procent van het bruto eindverbruik van hernieuwbare energie.

Ontwikkelingen

8.10.1 Overig biogas

	Biogas			Elektriciteit		Warmte uit warmtekrachtinstallaties		Aardgas			Bruto energetisch eindverbruik		Effect	
	inzet voor warmtekrachtinstallaties	inzet voor omzetting in aardgas	bruto-energetisch eindverbruik	bruto-productie	bruto-productie	productie	elektriciteit ¹⁾	warmte ¹⁾	vervoer	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂		
	TJ			Mln kWh		TJ						Kton		
1990	468	45	0	423	4	15	0	15	446	0	461	432	25	
1995	826	129	0	697	7	69	0	25	792	0	816	756	43	
2000	974	274	0	700	17	155	0	61	897	0	957	928	54	
2005	1 155	405	0	750	32	116	0	114	954	0	1 068	1 046	62	
2010	2 900	2 243	0	657	196	523	0	707	1 424	0	2 131	2 593	163	
2011	3 121	2 440	228	453	219	529	228	827	1 419	0	2 246	2 709	171	
2012	3 478	2 270	628	580	206	480	628	834	1 729	0	2 563	3 033	196	
2013	4 299	2 331	1 320	648	206	574	1 320	933	2 425	1	3 359	3 693	239	
2014	4 808	2 550	1 721	537	233	662	1 721	1 102	2 724	1	3 828	4 227	275	
2015**	5 517	2 698	2 337	483	246	633	2 337	1 245	3 055	2	4 302	4 704	306	

Bron: CBS.

¹⁾ Inclusief elektriciteit of warmte toegerekend aan de productie van groen gas (biogas opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd in aardgasnet).

De productie van hernieuwbare energie uit overig biogas neemt de laatste jaren toe; in 2015 neemt het energetisch eindverbruik toe met 12 procent. De toename tot en met 2010 betreft vooral nieuwe projecten waarbij elektriciteit wordt gemaakt uit biogas. Deze waren

toen relatief aantrekkelijk vanwege de ondersteuning via de MEP-regeling. Deze projecten vinden vaak plaats buiten de voedingsmiddelenindustrie. Het gaat dan om vergisting van groente- fruit- en tuinafval of andere natte organische afvalstromen.

Vanaf 2011 wordt de productie van aardgas uit biogas, ook wel groen gas genoemd, steeds belangrijker. De productie van groen gas wordt ondersteund door de SDE-subsidieregeling. Eind 2015 werd op ruim 20 locaties groen gas gemaakt uit overig biogas. De productie van groen gas uit overig biogas steeg met 36 procent in 2015.

Methode

Voor biogas in de industrie berust de waarneming op de reguliere CBS-enquêtes voor de winning, omzetting en het gebruik van energie. Non-respons wordt bijgeschat op basis van historische gegevens.

Van veel nieuwere projecten, vaak buiten de industrie, is de elektriciteitsproductie bekend bij CertiQ en de groengasproductie bij Vertogas. CBS ontvangt deze productiegegevens van CertiQ en Vertogas en gebruikt de gegevens als basis om de benodigde gegevens uit te rekenen zonder directe waarneming. De winning van biogas wordt berekend via een geschat rendement van de elektriciteitsproductie en de groengasproductie. De warmteproductie voor deze nieuwere projecten is vaak beperkt tot de warmte die nodig is om de gisting aan de gang te houden en kan geschat worden als een vaste fractie van de productie van biogas (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*). Andere informatiebronnen voor de warmte zijn gegevens uit de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA), overheidsmilieujaarverslagen, internet en soms belt CBS bedrijven met productie van biogas.

De warmte voor gisting telt niet mee bij de berekening van het vermeden verbruik van primaire fossiele energie, maar wel bij de berekening van het bruto eindverbruik. Net als bij biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties wordt de nuttig gebruikte warmte uit warmtekrachtinstallaties op biogas meestal niet verkocht maar zelf gebruikt.

Door de deelname van de MJA2-bedrijven (Meerjarenafspraken-2) aan de elektronische verslaglegging in het kader van de milieujaarverslagen, is de dekking van de milieujaarverslagen toegenomen. Het gebruik van biogas is onderdeel van de milieujaarverslagen. CBS heeft voor 2006 op microniveau de gegevens uit de milieujaarverslagen vergeleken met de eigen waarneming. Daaruit blijkt dat alleen bedrijven met kleine hoeveelheden biogas ontbreken in de waarneming. Deze bedrijven met weinig biogas worden ook nog eens voor een deel afgedekt door een bijstelling van CBS (75 TJ winning en finaal verbruik van biogas). De onzekerheid door het mogelijk missen van bedrijven met biogas wordt daarom geschat op ongeveer 50 TJ.

Het zwakste punt in de waarneming is de schatting van de warmteproductie, omdat warmte vaak niet wordt verkocht en daarom ook vaak niet wordt gemeten. CBS schat de onzekerheid in de hernieuwbare energie uit overig biogas op 10 procent.

8.11 Vloeibare biotransportbrandstoffen

Biobrandstoffen voor het wegverkeer zijn duurder dan de op aardolie gebaseerde brandstoffen. Om het verbruik van biobrandstoffen te stimuleren heeft de overheid de leveranciers van benzine en diesel vanaf 2007 verplicht om deze te leveren.

De meeste biobrandstoffen kunnen in pure vorm niet in gewone motoren van wegvoertuigen gebruikt worden. Motoren van bestaande wegvoertuigen draaien wel op met biobrandstoffen bijgemengde benzine en diesel, zolang de bijmengpercentages niet te groot worden. De meeste biobrandstoffen worden daarom in bijgemengde vorm op de markt gebracht.

Het overheidsbeleid voor biobrandstoffen wordt sterk beïnvloed door Europese richtlijnen. Eerst was er de *EU-Richtlijn voor Hernieuwbare Brandstoffen in het vervoer* uit 2003 (Europees Parlement en de Raad, 2003). In deze richtlijn hebben lidstaten een niet bindende afspraak gemaakt om het aandeel biobrandstoffen op te laten lopen van 2 procent in 2005 tot 5,75 procent in 2010. De richtlijn was aanleiding voor het *Besluit Biobrandstoffen* (*Staatsblad*, 2006), dat leveranciers verplichtte om biobrandstoffen te leveren.

Later kwam er discussie over de wenselijkheid van biobrandstoffen. Als voordelen van biobrandstoffen worden genoemd: de reductie van broeikasgasemissies en de verminderde afhankelijkheid van de steeds schaarser wordende fossiele olie, die regelmatig afkomstig is uit landen waarmee de politieke relatie als instabiel wordt ervaren. Als nadeel van biobrandstoffen wordt vaak genoemd dat reductie van broeikasgasemissies maar zeer beperkt is, soms zelfs nihil, als alle, vaak indirecte, effecten worden meegenomen (Europese Commissie, 2012), ook al is het lastig om de indirecte effecten te berekenen. Ook kunnen biobrandstoffen concurreren met voedsel, wat daardoor duurder kan worden. Tot slot kunnen natuurgebieden bedreigd worden door een toename van de teelt van biobrandstoffen.

In de *EU-Richtlijn voor Hernieuwbare Energie* uit 2009 is bindend afgesproken dat in 2020 10 procent van alle energie voor vervoer uit hernieuwbare bronnen afkomstig is. Hernieuwbare elektriciteit voor vervoer telt daarbij ook mee (zie paragraaf 2.4). Biobrandstoffen voor vervoer zijn de belangrijkste component voor deze vervoersdoelstelling en de verwachting is dat dit voorlopig zo blijft (Rijksoverheid, 2010). Als gevolg van de discussie over de wenselijkheid van biobrandstoffen zijn in de *EU-Richtlijn hernieuwbare energie* duurzaamheidscriteria opgenomen voor vloeibare biomassa. Deze criteria moeten waarborgen dat bij de productie van de gebruikte vloeibare biomassa mensen, natuur en milieu voldoende worden beschermd. In 2015 is de Richtlijn aangepast en is afgesproken dat het verbruik van biobrandstoffen uit voedselgewassen beperkt wordt tot 7 procent van het totaal verbruik van benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer. Zie ook paragraaf 2.4.

In de afgelopen jaren liep de verplichting voor oliebedrijven tot het leveren van biobrandstoffen langzaam op van 4 procent in 2010 tot en met 6,25 procent in 2015 (*Besluit Hernieuwbare Energie Vervoer*, *Staatsblad*, 2011), geleidelijk oplopend naar

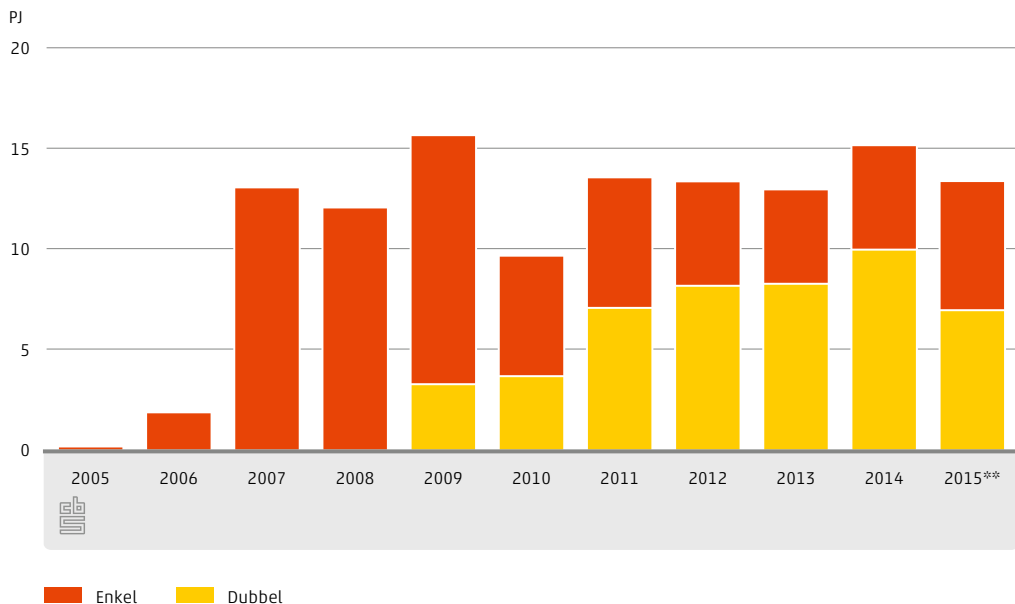
10 procent in 2020 (*Besluit Hernieuwbare Energie Vervoer 2015* Staatsblad, 2014). Bedrijven moeten aantonen dat de door hen geleverde biobrandstoffen voldoen aan de duurzaamheidscriteria uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*. Dat doen ze door gebruik te maken van certificeringssystemen. De Nederlandse Emissieautoriteit (NEa) controleert of bedrijven voldoende gecertificeerde biobrandstoffen op de markt hebben gebracht.

Biobrandstoffen uit afval en houtachtige materialen worden als zeer duurzaam gezien. Om het gebruik van deze biobrandstoffen extra te stimuleren mogen deze dubbel geteld worden voor de transportdoelstelling uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*. Voor de *overall* doelstelling voor hernieuwbare energie geldt deze dubbeltelling niet. Voor de nationale bijmengplicht geldt een dubbeltelling vanaf het verslagjaar 2009 (*Staatscourant*, 2009).

In 2015 was de bijdrage van biobrandstoffen voor het wegverkeer aan het totaal bruto eindverbruik van hernieuwbare energie 11 procent.

Ontwikkelingen

8.11.1 Verbruik duurzame vloeibare biotransportbrandstoffen



Het fysieke verbruik van duurzame vloeibare biobrandstoffen is in 2015 gedaald van 15 naar 13 PJ. Het verbruik van biobenzine steeg, het verbruik van biodiesel daalde. Bij biodiesel wordt vooral gebruik gemaakt van dubbeltellende biobrandstoffen, bij biobenzine van enkeltellende.

De verplichting tot het leveren van hernieuwbare energie voor vervoer steeg van 5,5 naar 6,25 procent. Het verbruik van biobrandstoffen voor vervoer loopt niet gelijk op met de verplichting, vooral omdat de bedrijven de mogelijkheid hebben om het ene jaar extra hernieuwbare energie op de markt te brengen en deze extra inspanning administratief mee te nemen naar een volgend jaar. Daarnaast is de wetgeving voor de verplichting voor

bedrijven in 2015 aangepast, waardoor bedrijven biobrandstoffen voor de verplichting kunnen tellen, op een moment dat nog niet zeker is dat deze daadwerkelijk op de markt komen. CBS-cijfers richten zich altijd op de daadwerkelijke fysieke stromen naar de markt.

8.11.2 Duurzame¹⁾ vloeibare biotransportbrandstoffen, afleveringen op binnenlandse gebruikersmarkt

	Afleveringen, totaal = Bruto energetisch eindverbruik ²⁾ zonder verrekening dubbelstelling		Afleveringen, dubbelstellend ³⁾ zonder verrekening dubbelstelling		Effect	
	mobiele werktuigen (telt als warmte)	wegverkeer+spoor (telt als vervoer)	totaal	wegverkeer+spoor (telt als vervoer)	vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO ₂
TJ	Kton					
Biobenzine						
2006	0	798	798	0	798	.
2007	0	3 687	3 687	0	3 687	.
2008	0	4 524	4 524	0	4 524	.
2009	0	5 771	5 771	0	5 771	.
2010	0	5 614	5 614	162	5 614	.
2011	0	6 231	6 231	.	6 231	.
2012	0	5 211	5 211	509	5 211	.
2013	0	5 210	5 210	852	5 210	286
2014	0	5 379	5 379	430	5 379	300
2015**	0	5 949	5 949	.	5 949	323
Biodiesel						
2006	0	968	968	0	968	.
2007	0	9 344	9 344	0	9 344	.
2008	0	7 524	7 524	0	7 524	.
2009	0	9 835	9 835	3 216	9 835	.
2010	0	3 963	3 963	3 412	3 963	.
2011	0	7 207	7 207	.	7 207	.
2012	826	7 316	8 142	6 859	8 142	.
2013	802	6 912	7 714	6 622	7 714	565
2014	1 011	8 712	9 723	8 470	9 723	697
2015**	766	6 599	7 365	.	7 365	522
Totaal						
2006	0	1 766	1 766	0	1 766	.
2007	0	13 031	13 031	0	13 031	.
2008	0	12 048	12 048	0	12 048	.
2009	0	15 606	15 606	3 216	15 606	730
2010	0	9 577	9 577	3 574	9 577	518
2011	0	13 438	13 438	6 958	13 438	786
2012	826	12 527	13 353	7 368	13 353	839
2013	802	12 122	12 924	7 474	12 924	850
2014	1 011	14 091	15 102	8 900	15 102	997
2015**	766	12 549	13 314	6 179	13 314	845

Bron: CBS.

¹⁾ Vanaf 2011 afgeleid uit opgaven van oliebedrijven aan NEa. In de jaren daarvoor was er nog geen verplichting tot het gebruik van systemen voor certificatie van de duurzaamheid van biomassa. In Europees verband is afgesproken om tot en met 2010 alle vloeibare biomassa als duurzaam te tellen.

²⁾ Volgens de berekening van de doelstelling voor hernieuwbare energie totaal uit de EU-richtlijn Hernieuwbare Energie uit 2009, dus zonder dubbelstelling.

³⁾ Dubbelstellend voor de verplichting uit de wet Hernieuwbare Energie Vervoer en de doelstelling voor hernieuwbare energie voor vervoer uit de EU-richtlijn Hernieuwbare Energie uit 2009.

8.11.3 Vloeibare biotransportbrandstoffen¹⁾, balans

	Pure vloeibare biobrandstoffen			Bijgemengde biobrandstoffen				Totaal puur en bijgemengd		
	productie-capaciteit	productie	saldo import en export	ont-trekking uit voorraad	bijmenging bij benzine en diesel	productie uit bijmenging	saldo import en export	ont-trekking uit voorraad	afleveringen op binnenlandse gebruikersmarkt	afleveringen op binnenlandse gebruikersmarkt
	Mln kg									
Biobenzine										
2010	.	.	.	7	171	171	37	0	208	208
2011	.	.	.	0	71	71	160	0	231	231
2012	.	.	.	-10	139	139	54	0	193	193
2013	503	414	-215	4	203	203	-9	0	194	194
2014	.	.	.	13	194	194	5	0	199	199
2015**	.	.	.	2	230	230	-10	0	220	220
Biodiesel										
2010	1 306	382	-337	64	109	109	-2	0	107	107
2011	2 030	491	-224	-48	220	220	-25	0	195	195
2012	2 051	1 177	-849	-55	273	273	-35	0	238	238
2013	2 014	1 375	-989	-112	274	274	-54	0	220	220
2014	2 196	1 720	-1 468	70	322	322	-43	0	279	279
2015**	2 176	1 629	-1 390	12	251	251	-49	0	202	202
Totaal										
2010	.	.	.	72	280	280	36	0	315	315
2011	.	.	.	-48	291	291	135	0	426	426
2012	.	.	.	-65	412	412	19	0	431	431
2013	2 517	1 789	-1 204	-107	478	478	-64	0	414	414
2014	.	.	.	83	516	516	-39	0	478	478
2015**	.	.	.	14	481	481	-58	0	423	423

Bron: CBS.

¹⁾ Het gaat in deze tabel om alle biobrandstoffen, ongeacht of ze voldoen aan de duurzaamheidscriteria. Dit in tegenstelling tot tabel 8.11.2 waar het alleen gaat om duurzame biobrandstoffen.

In 2015 was de Nederlandse productie van biodiesel 1,6 miljard kg. Dat is veel meer dan het binnenlands verbruik. Een groot deel van de geproduceerde biodiesel gaat dan ook naar het buitenland.

De productiecapaciteit van de biodieselfabrieken was in 2015, net als vorig jaar, gelijk aan 2,2 miljard kg. Hiermee bleef de totale productie van biodiesel dus nog steeds lager dan de productiecapaciteit. Ook in andere Europese landen wordt de capaciteit voor de biodieselproductie maar gedeeltelijk benut (EBB, 2013). Er zijn twee redenen voor deze overcapaciteit. Ten eerste hebben verschillende nationale overheden in Europa de ondersteuningsmaatregelen voor biobrandstoffen teruggebracht. In Nederland werd de bijmengplicht bijgesteld van 5,75 naar 4 procent in 2010 en in Duitsland is de accijnskorting voor biodiesel beperkt. Ten tweede is er ook concurrentie van biodieselfabrieken buiten Europa.

In Nederland wordt ook biobenzine geproduceerd. Het gaat om bio-ethanol en bio-methanol. Ook voor biobenzine geldt dat de productie veel groter is dan het verbruik in 2013. Er zijn niet zoveel fabrieken voor de productie van biobenzine. Daarom zijn de uitkomsten over de productie voor veel jaren vertrouwelijk.

Methode

De cijfers over de productie van biobrandstoffen zijn afgeleid uit een enquête van CBS. De respons op deze enquête was 100 procent. Voor de energie-inhoud is gebruik gemaakt van de standaardwaarden uit de *EU-Richtlijn voor Hernieuwbare Energie*.

De waarneming voor de handel, bijmenging en het verbruik van biobrandstoffen is gebaseerd op een combinatie van gegevens uit:

- de biobrandstoffenrapportages die oliebedrijven inleveren bij de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa)
- de aardoliestatistiek van CBS.

In het kader van de bijmengplicht leveren oliebedrijven jaarlijks een rapportage aan de overheid. Vanaf verslagjaar 2011 wordt deze rapportage geleverd aan de NEa. Deze rapportage bevat informatie over de fysieke stromen van de biobrandstoffen, voor zover van belang voor de Nederlandse markt. Vanaf verslagjaar 2015 beperkt deze rapportage zich tot de hoeveelheid voor de markt geclaimde duurzame biobrandstoffen per locatie. CBS heeft per bedrijf de fysieke gegevens uit deze rapportages ontvangen van de NEa.

Voor de CBS-oliestatistiek vullen alle belangrijke spelers op de oliemarkt (raffinaderijen, petrochemische industrie, handelaren en opslagbedrijven) elke maand een formulier in, met per olieproduct een complete balans. Bio-ETBE, bio-MTBE, biobenzine en biodiesel worden apart onderscheiden. De respons op deze enquête was 100 procent voor de bedrijven die relevant zijn voor de productie van biobrandstoffen. Er is echter wel een onzekerheid in de resultaten voor de balans van pure biobrandstoffen door het gebrek aan kwaliteit en volledigheid van de respons bij sommige bedrijven en doordat niet alle bedrijven die biobrandstoffen opslaan in de populatie zitten.

Veel bedrijven hebben moeite met het beantwoorden van de vraag over de aanvoer en aflevering van bijgemengde biobrandstoffen. Om de administratieve lasten te beperken, staat CBS toe dat deze vraag niet maandelijks wordt ingevuld. In plaats daarvan ontvangen de relevante bedrijven een extra vragenlijst waarin deze informatie op jaarbasis wordt uitgevraagd. Daarbij kunnen bedrijven ook aan de informatievraag van CBS voldoen door het geven van een toelichting op gegevens die het bedrijf al aan de NEa heeft verstrekt. Voorwaarde daarvoor is dan wel dat de informatie van de NEa voldoende compleet is wat betreft de fysieke stromen van biobrandstoffen voor binnen- en buitenland.

Voor sommige bedrijven is het ook lastig om op jaarbasis uit hun administratie de fysieke bestemming van de biodiesel en biobenzine na het bijmengen af te leiden. Daarom heeft CBS nader overlegd met deze bedrijven en is de fysieke bestemming van de bijgemengde biobrandstoffen nauwkeuriger bepaald door extra informatie uit de logistieke keten (depots van bijmenging en transport via boot of truck) mee te nemen. Vanaf verslagjaar 2012 is de nauwkeurigheid van de cijfers daardoor verbeterd, maar vanaf 2015 is het weer minder nauwkeurig geworden. Het moment van tellen voor de Nederlandse markt voor de verplichting voor bedrijven is vanaf verslagjaar 2015 anders gedefinieerd in de wet en vanaf 2015 hebben sommige bedrijven minder informatie aan CBS kunnen geven die bijdraagt aan de nauwkeurigheid van het bepalen van de bestemming van bijgemengde biobrandstoffen.

De NEa rapporteert ook over op de markt gebrachte duurzame biobrandstoffen (NEa, 2015). Deze cijfers zijn anders dan de CBS-cijfers. De belangrijkste reden hiervoor is dat CBS uitgaat van de daadwerkelijk in een bepaald jaar op de markt gebrachte biobrandstoffen, terwijl de NEa uitgaat van biobrandstoffen die gebruikt zijn om aan de verplichting in een bepaald jaar te voldoen. Dit kan van elkaar verschillen, omdat bedrijven voor de verplichting hernieuwbare energie voor vervoer het ene jaar meer op de markt mogen brengen en het andere jaar, ter compensatie, minder. Dit wordt ook wel *carry over* genoemd.

De oliestatistiek van CBS richt zich op fysieke stromen en voorraden. Echter, voorraden van bijgemengde biobrandstoffen worden slechts door een enkel bedrijf gerapporteerd, omdat het lastig is om gegevens over bijgemengde biobrandstoffen af te leiden uit de bedrijfsadministratie. Daarom neemt CBS aan dat de veranderingen in de fysieke voorraden van bijgemengde biobrandstoffen nihil zijn en dat de bijgemengde biobrandstoffen direct worden geëxporteerd of geleverd op de binnenlandse markt.

De eigen waarneming van CBS bevat geen informatie over de duurzaamheid van de gebruikte biobrandstoffen, de dubbeltelling van biobrandstoffen en de vermeden emissies van broeikasgassen. Echter, door het combineren van informatie uit de rapportages aan de NEa met fysieke afzetcijfers kan CBS toch deze informatie afleiden.

De onzekerheid in de cijfers over de (fysiek) op de markt gebrachte biobrandstoffen zit vooral in de bestemming van de biobrandstoffen nadat ze door de bedrijven zijn geclaimd voor de Nederlandse markt bij de NEa. Komen deze op de binnenlandse markt, of worden ze uiteindelijk geëxporteerd? CBS schat de onzekerheid in de cijfers over de op de Nederlandse markt gebrachte biobrandstoffen op 15 procent voor verslagjaar 2015.

Literatuur

Agentschap NL (2012), *Resultatenbrochure convenanten Meerjarenafspraken energie-efficiëntie 2011*, versie 1.1 november 2012 Publicatie-nr. 2MJAP1211.

Agentschap NL (2013), *Statusdocument bio-energie 2012*.

AID (2003,) AID Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft. *Biogasanlagen in der Landwirtschaft*, Bonn.

Boom, van den en van der Elst, C. (2013), *Toekomst Biogas: Van laagwaardige input naar hoogwaardige output* Rabobank Food & Agri Thema-update: Biogas, Januari 2013.

CBS (2014), *Economic Radar of the Sustainable energy sector in the Netherlands*, CBS artikel, oktober 2014.

CBS (2016), *Rendementen en CO₂-emissie van elektriciteitsproductie in Nederland 2014*, CBS artikel, april 2016.

CertiQ (2015), *Statistisch jaaroverzicht 2014*.

EBB (2013), *Statistics: The EU biodiesel industry*. <http://www.ebb-eu.org/stats.php>.

ECN,DNV-GL (2016), *Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2017 voor marktconsultatie, mei 2016*.

Edwards, R., Larivé, J.-F., Mahieu, V., Rouveïrolles, P. (2007), *Well to wheel analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, CONCAWE, EUCAR and Joint Research Centre, March 2007.

Europees Parlement en de Raad (2003), *Richtlijn 2003/30/EG ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen of andere hernieuwbare brandstoffen in het vervoer*.

Europees Parlement en de Raad (2009), *Directive of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*.

Europees Parlement en de Raad (2015), *Directive of the European Parliament and of the Council of 9 September 2015, amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*.

Europese Commissie (2010), *Report from the Commission to the Council and the European Parliament on the sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling SEC (2010)m 65*.

Europese Commissie (2013), *Besluit tot vaststelling van de richtsnoeren voor de lidstaten inzake de berekening van de hernieuwbare energie uit warmtepompen met verschillende warmtepomptechnologieën overeenkomstig artikel 5 van Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad, maart 2013*.

European Commission (2012), *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. COM(2012) 595 final*.

Eurostat (2015), *SHARES 2013 results*.

IEA/Eurostat (2004), *Energy Statistics Manual*, IEA, Parijs.

Jansen, B.I., (2016), *Vernieuwd Emissiemodel houtkachels*, TNO 2016 R10318.

Koppejan, J., Elbersen, W., Meeusen, M., Bindraban, P. (2009), *Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteits- en warmteproductie in 2020*. Procede Biomass B.V. En Wageningen UR.

Lensink, S.M., Wassenaar, J.A., Mozaffarian, M., Luxembourg, S.L., Faasen, C.J. (2012), *Basisbedragen in de SDE+ 2013 Conceptadvies*. ECN en KEMA, ECN-E--12-017.

Lensink, S.M., (2013), *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2014*, ECN en DNV KEMA, ECN-E--13-050.

Ministerie van Economische Zaken (2006), *Doelstelling 9 procent duurzame elektriciteit in 2010 gehaald*. Persbericht, 18 augustus 2006.

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2011a), *Energierapport*, juni 2011.

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2011b), *Subsidie duurzame warmte voor bestaande woningen*, Kamerbrief, juni 2011.

Nederlandse Emissieautoriteit (2015), *Naleving jaarverplichting 2014 hernieuwbare energie vervoer en verplichting brandstoffen luchtverontreiniging*, NEa, juli 2015.

Peene, P., Velghe F., Wierinck, I. (2011), *Evaluatie van de vergisters in Nederland*. Organic Waste Systems NV (OWS) in opdracht van Agentschap NL, september 2011, Gent, België.

PBL (Planbureau voor de Leefomgeving), CBS en WUR (Wageningen Universiteit Researchcentrum) (2014), *Compendium voor de Leefomgeving*, www.clo.nl.

Platform Monitoring Energiebesparing (2011), *Berekening referentierendement voor de opwekking van elektriciteit*. ECN-N--11-016, juni 2011.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2014a), *Rapportage hernieuwbare energie. Deel 1 Implementatie 2003-2013, Jaarberichten SDE+, SDE, OV-MEP & MEP 2013*, juni 2014.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en CBS (2015), *Protocol Monitoring Duurzame Energie, update 2015*. ZDENB1013. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, April 2015, Utrecht.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2015a), *Rapportage hernieuwbare energie 2014, Jaarbericht SDE+, SDE, OV-MEP & MEP, juni 2015*.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2015d), *Rapportage III-Duurzaamheid Vaste Biomassa 2014*, maart 2015.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2016a), *Rapportage bodemenergiesystemen in Nederland Analyse van 125 projecten* Pub. Nr. RVO-082-1601/RP-DUZA.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2016b), *Databestand: Beschikte projecten SDE+ voorjaar*. <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/sde/stand-van-zaken-aanvragen>.

- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2016b), *Infographics Resultaten hernieuwbare energieproductie 2015*, <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/sde/toezeggingen-en-realiserie/resultaten-2015>.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2016c), *Monitor wind op land*, maart 2016.
- Rijksoverheid (2010), *Nationaal actieplan voor energie uit hernieuwbare bronnen*, Richtlijn 2009/28/EG.
- Rijkswaterstaat (2015) *Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2014*, ISBN 978-94-91750-10-6.
- Rijkswaterstaat (2016), *Klimaatmonitor*. <http://www.klimaatmonitor.databank.nl>.
- Segers, R. (2008), *Three options to calculate the percentage renewable energy: an example for a EU policy debate*. Energy Policy 36, p. 3243–3248.
- Segers, R. (2010), *Energiebalans van Nederland: CBS versus IEA*, Eurostat en UNFCCC, CBS website maart 2010.
- Segers, R. (2013), *Houtverbruik huishoudens WoON-onderzoek 2012* december 2013, CBS website.
- Segers, R. en Busker, H. (2015), *Equivalent full load hours for heating of reversible air-air heat pumps*, CBS, juni 2015.
- SenterNovem (2005), *Windkaart van Nederland op 100 m hoogte*. Uitgevoerd door KEMA. Publicatienummer 2 DEN-05.04, SenterNovem, Utrecht.
- SER (2013), *Energieakkoord voor duurzame groei*, website SER, september 2013.
- Solar Trendrapport (2016), *Nationaal Solar Trendrapport 2016*, mei 2016.
- Staatsblad (2006), *Besluit Biobrandstoffen*, nummer 542.
- Staatsblad (2011), *Besluit hernieuwbare energie vervoer*, nummer 197.
- Staatsblad (2014), *Besluit Hernieuwbare Energie Vervoer, 2015*, nummer 460.
- Staatscourant (2009), *Regeling dubbeltelling betere biobrandstoffen*, nummer 18709.
- Sulilatu, WF. (1992), *Kleinschalige verbranding van schoon afvalhout in Nederland*, TNO-MEP, i.o.v. NOVEM, Apeldoorn.
- Sulilatu, WF. (1998), *Kleinschalige verbranding van schoon resthout in Nederland*, TNO-MEP, i.o.v. NOVEM, EWAB nr. 9831) Apeldoorn.
- Trouw (2016), *FrieslandCampina doopt veehouders om tot leveranciers groene energie*, Trouw 7 mei 2016.
- Van Tilburg, X. Pfeiffer, E.A., Cleijne, J.W., Stienstra, G.J., Lensink, S.M. (2007), *Technisch-economische parameters van duurzame elektriciteitsopties in 2008*. Conceptadvies onrendabele topberekeningen, ECN-E--06-025.
- De Vries, H. J., Pfeiffer, A. E., Cleijne, J. W., van Tilburg, X. (2005), *Inzet van biomassa in centrales voor de opwekking van elektriciteit*. Berekening van de onrendabele top. Eindrapport, ECN-C--05-088.
- VVD en PvdA (2012), *Bruggen slaan*. Regeerakkoord, 29 oktober 2012.
- Warmerdam, J.M.(2003), *Bijdrage Thermische zonne-energie 2002*. Ecofys i.o.v de NOVEM, Utrecht.

Medewerkers

Auteurs

André Meurink
Reinoud Segers

Redacteur

Hendrik Jan Dijkerman