



Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2014 voor marktconsultatie

Sander Lensink (ECN) (ed)

Mei 2013
ECN-E--13-024

Verantwoording

Dit rapport is geschreven door ECN in samenwerking met DNV KEMA en TNO en in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. De samenwerking met TNO heeft betrekking op de geothermie gerelateerde adviezen. Het onderzoek staat geregistreerd onder projectnummer 5.2129.04.01. Contactpersoon voor het project is Sander Lensink (lensink@ecn.nl).

Naast de editor, hebben de volgende personen meegeschreven aan dit rapport: Hans Wassenaar, Bart in 't Groen, Anne-Marie Taris en Caroline Faasen (DNV KEMA), Michiel Hekkenberg, Hamid Mozaffarian, Luuk Beurskens, Christine van Zuijlen en Paul Lako (ECN).

Aan het onderzoek is tevens meegewerkt door Harmen Mijnlief (TNO) en Joost van Stralen (ECN). De auteurs danken hen voor hun inbreng.

Abstract

On assignment of the Dutch Ministry of Economic Affairs, ECN and DNV KEMA have studied the cost of renewable energy production. This cost assessment for various categories is part of an advice on the subsidy base rates for the feed-in support scheme SDE+. This report contains a draft advice on the cost of projects in the Netherlands targeted for realization in 2014. The options advice covers installation technologies for the production of green gas, biogas, renewable electricity and renewable heat. This draft advice has been written to facilitate the market consultation on the 2014 base rates. The open market consultation is to be held in June 2013.

Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan ECN geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn ECN, zijn bestuurders, directeuren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
2	Proces	8
3	Prijzen voor elektriciteit en biomassa	9
3.1	Elektriciteitsprijzen	9
3.2	Biomassaprijzen	9
4	Technisch-economische parameters	14
4.1	Vergisting van biomassa	14
4.2	Thermische conversie van biomassa	30
4.3	Ketels met vaste biomassa	32
4.4	Ketels met vloeibare biomassa	33
4.5	Bestaande installaties	34
4.6	Waterkracht nieuw	41
4.7	Waterkracht renovatie	41
4.8	Energie uit vrije stroming	42
4.9	Osmose	43
4.10	Windenergie	44
4.11	Wind op zee	46
4.12	Diepe geothermie	47
4.13	Zon-PV ≥ 15 kW _p	50
4.14	Zon thermisch	51
4.15	Vergassing van biomassa	51
5	Overzicht basisbedragen	53
	Afkortingen	57

Samenvatting

Het Ministerie van Economische Zaken heeft advies gevraagd aan ECN en DNV KEMA over de basisbedragen voor 2014. Dit rapport bevat een conceptadvies. ECN en DNV KEMA nodigen marktpartijen uit om een reactie op dit concept te geven.

In **Tabel 1** staat het overzicht van de basisbedragen voor thermische conversie van biomassa, in **Tabel 2** het overzicht voor vergisting van biomassa in zelfstandige installaties en in **Tabel 3** het overzicht voor overige opties. Voor enkele categorieën zijn de berekende basisbedragen hoger dan 15 €/kWh resp. 103,53 €/Nm³, de bovengrens in de SDE+. Voor deze opties, te weten energie uit vrije stroming, nieuwe installaties voor kleinschalige waterkracht, osmose, groen gas uit vergassing en elektriciteit uit mestmonovergisting, zijn de basisbedragen gebaseerd op indicatieve berekeningen.

Tabel 1: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor thermische conversie van biomassa

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen *	Vollasturen samengesteld
Vergassing	<i>Groen gas</i>	123,1	[€/Nm ³]	7500	-
Thermische conversie (<10 MW _e)	<i>WKK</i>	40,9	[€/GJ]	8000/4000	4241
Thermische conversie (>10 MW _e)	<i>WKK</i>	21,8	[€/GJ]	7500/7500	7500
Verbranding verlengde levensduur	<i>WKK</i>	18,7	[€/GJ]	8000/4000	4429
Ketel op vaste biomassa	<i>Warmte</i>	11,5	[€/GJ]	7000	-
Ketel op vloeibare biomassa	<i>Warmte</i>	19,8	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande AVI's	<i>Warmte</i>	6,2	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande verbanding	<i>Warmte</i>	6,2	[€/GJ]	7000	-

* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing.

Tabel 2: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor vergisting van biomassa in een zelfstandige installatie

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen *	Vollasturen samengesteld
Allesvergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	14,7	[€/GJ]	7000	-
	<i>WKK</i>	25,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5739
	<i>Groen gas</i>	59,3	[€/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	20,6	[€/GJ]	7000	-
	<i>WKK</i>	31,0	[€/GJ]	8000 / 4000	5732
	<i>Groen gas</i>	73,9	[€/Nm ³]	8000	-
Mestmonovergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	22,8	[€/GJ]	7000	-
	<i>Elektriciteit</i>	23,5	[€/kWh]	8000	-
	<i>Groen gas</i>	83,9	[€/Nm ³]	8000	-
AWZI/RWZI (thermische druk- hydrolyse)	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€/kWh]	8000	-
AWZI/RWZI	<i>WKK¹</i>	6,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5751
	<i>Groen gas</i>	31,1	[€/Nm ³]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	<i>WKK</i>	22,5	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
	<i>Warmte (hub)</i>	14,3	[€/GJ]	7000	-
	<i>Groen gas (hub)</i>	56,7	[€/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	<i>WKK</i>	26,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
	<i>Warmte (hub)</i>	17,1	[€/GJ]	7000	-
	<i>Groen gas (hub)</i>	65,6	[€/Nm ³]	8000	-
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	<i>Warmte</i>	6,2	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande mestcovergisting	<i>Warmte</i>	8,2	[€/GJ]	4000	-
Warmtebenutting bij compostering	<i>Warmte</i>	4,4	[€/GJ]	7000	-

* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing.

¹ Ook representatief voor thermofiele gisting.

Tabel 3: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor overige opties

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Bodemenergie en aardwarmte					
Diepe geothermie (500-2700m)	<i>Warmte</i>	11,8	[€/GJ]	5500	-
Diepte geothermie (>2700m)	<i>Warmte</i>	12,7	[€/GJ]	5500	-
Diepe geothermie	<i>WKK</i>	23,9	[€/GJ]	5000 / 4000	4158
Windenergie					
Wind op land, uiterst windrijk	<i>Elektriciteit</i>	7,0	[€/kWh]	3400	-
Wind op land, zeer windrijk	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€/kWh]	2700	
Wind op land, windrijk	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€/kWh]	2200	
Wind op land, weinig windrijk	<i>Elektriciteit</i>	9,2	[€/kWh]	2200	-
Wind op Land ≥ 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	9,3	[€/kWh]	2900	-
Wind op Land ≥ 6 MW (variant 1)	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€/kWh]	3000	-
Wind op Land ≥ 6 MW (variant 2)	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€/kWh]	3500	-
Wind in meer	<i>Elektriciteit</i>	12,2	[€/kWh]	3200	-
Wind op zee (waterdiepte tot 10 meter)	<i>Elektriciteit</i>	13,5	[€/kWh]	3550	-
Wind op zee (waterdiepte 10 meter of meer)	<i>Elektriciteit</i>	ca. 15	[€/kWh]	3730	-
Energie uit water					
Waterkracht nieuw	<i>Elektriciteit</i>	15,4	[€/kWh]	5700	-
Waterkracht renovatie	<i>Elektriciteit</i>	6,2	[€/kWh]	4300	-
Energie uit vrije stroming	<i>Elektriciteit</i>	25,4	[€/kWh]	2800	-
Osmose	<i>Elektriciteit</i>	49,0	[€/kWh]	8000	-
Zonne-energie					
Zon-PV (> 15 kW _p) dakgebonden	<i>Elektriciteit</i>	13,4	[€/kWh]	1000	-
Zonthermie	<i>Warmte</i>	33,1	[€/GJ]	700	-

* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmtelevering.

1

Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft aan ECN en DNV KEMA advies gevraagd over de hoogte van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2014. Evenals bij vergelijkbare onderzoeken in voorgaande jaren hebben ECN en DNV KEMA er in overleg met het ministerie voor gekozen om een conceptadvies aan de markt voor te leggen. Dit rapport betreft het conceptadvies.

ECN en DNV KEMA adviseren het ministerie over de hoogte van de basisbedragen voor door het ministerie voorgeschreven categorieën. De Minister van EZ beslist over de openstelling van de SDE+-regeling in 2014, de open te stellen categorieën en de basisbedragen voor nieuwe SDE+-beschikkingen in 2014.

Leeswijzer

Het proces staat beschreven in Hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 behandelt de prijsontwikkelingen voor elektriciteit, gas en biomassa. Hoofdstuk 4 geeft per categorie een overzicht van de technisch-economische parameters van de hernieuwbare-energieopties. Hoofdstuk 5 besluit met conclusies waarbij de vertaalslag naar basisbedragen gemaakt is aan de hand van beknopt beschreven financiële parameters.

2

Proces

Dit rapport, het conceptadvies, is gepubliceerd op 8 mei 2013 ten behoeve van een openbare marktconsultatie. Als eerste aanzet hiertoe wordt op 13 mei 2013 een informatiebijeenkomst voor brancheorganisaties gehouden bij het Ministerie van Economische Zaken. Met dit rapport worden marktpartijen uitgenodigd om een schriftelijke reactie op dit rapport naar ECN te sturen. Om de schriftelijke reacties mee te kunnen wegen in het eindadvies dienen deze waar mogelijk van onderbouwing in de vorm van verifieerbare informatie (contracten, offertes, business cases) te worden voorzien en verzonden te worden aan:

Mw. K. Stutvoet-Mulder
Energieonderzoek Centrum Nederland
Unit Beleidsstudies
Gebouw: 034.236
Postbus 1
1755 ZG PETTEN

De reacties kunnen ook per e-mail verstuurd worden aan mulder@ecn.nl.

De reacties dienen uiterlijk 14 juni 2013 bij ECN binnen te zijn.

Voor nadere informatie over de inhoud van dit rapport kunt u contact opnemen met de projectleider, dhr. S.M. Lensink, op telefoonnummer 088-5158219. Voor het maken van een afspraak ten behoeve van een consultatiegesprek kunt u contact opnemen met Mw. K. Stutvoet-Mulder op telefoonnummer 088-5154554.

Na de marktconsultatie zullen ECN en DNV KEMA een eindadvies opstellen. ECN en DNV KEMA zullen op iedere binnengekomen reactie individueel reageren, in gesprek of op schrift. Het proces, het advies en de wijze waarop ECN en KEMA de binnengekomen marktreacties hebben meegewogen zullen onderwerp zijn van een externe review die in opdracht van het Ministerie van EZ zal worden uitgevoerd.

3

Prijzen voor elektriciteit en biomassa

3.1 Elektriciteitsprijzen

De basisbedragen zijn een maat voor de productiekosten van hernieuwbare energie. De productiekosten zijn niet direct gerelateerd aan de prijzen van fossiele brandstoffen zoals kolen, gas en olie. Sommige installaties hebben een additionele energievraag die niet vanuit de eigen installatie gedekt wordt. Een voorbeeld van dit soort installaties betreft groengasinstallaties, die elektriciteit gebruiken. Het gemiddelde elektriciteitsstarief gedurende de levensduur wordt op basis van langjarige ramingen uit de Referentieraming energie en emissies, actualisatie 2012 verondersteld op 16 €/kWh bij een vraag tot 50 MWh/jaar en 10 €/kWh bij een elektriciteitsvraag hoger dan 50 MWh/jaar.

3.2 Biomassaprijzen

Biomassa als brandstof is er in verschillende kwaliteiten. Voor vaste biomassa wordt snoei- en dunningshout als referentie gebruikt. Vloeibare biomassa wordt in een aparte paragraaf behandeld. Voor vergisting worden twee referenties genoemd: biomassa voor allesvergisters en biomassa voor mestcovergisters.

Voor vaste biomassa is snoei- en dunningshout de referentiebrandstof.

3.2.1 Vaste biomassa: snoei- en dunningshout

Snoei- en dunningshout is de referentiebrandstof voor nieuwe installaties voor thermische conversie van vaste biomassa. Deze referentie is ongewijzigd ten opzichte van het advies voor de SDE+ 2013. De biomassa bestaat uit vershout (chips) afkomstig uit bossen en plantsoenen. De energie-inhoud van vers hout ligt in de orde van 7

GJ/ton. Installaties zullen echter veel hout uit voorraad geleverd krijgen. Vanwege natuurlijke drogingsprocessen van de houtvoorraad wordt gerekend met een jaargemiddelde energie-inhoud van 9 GJ/ton. De prijsrange voor snoei- en dunningshout ligt tussen 38 en 58 €/ton. Als referentieprij is 48 €/ton aangenomen equivalent aan 5,3 €/GJ. Vooral door interacties aan de grens met Duitsland en België zal niet overal in Nederland snoei- en dunningshout voor deze prijs verkregen kunnen worden. Omdat voor snoei- en dunningshout met name sprake is van een lokale markt is dezelfde risico-opslag als die bepaald is voor knip- en snoeihout van toepassing. Voor de categorie snoei- en dunningshout wordt een risico-opslag van 1 €/ton verondersteld.

3.2.2 Vloeibare biomassa

De prijs van bio-olie laat sinds 2012 een dalende tendens zien.

De prijs van plantaardige oliën laat sinds een piek in 2012 een dalende tendens zien. De palmolieprijzen in het eerste kwartaal van 2013 liggen ca. 15% lager dan de gemiddelde prijs over 2012. De prijsbewegingen van deze oliën kunnen als leidend beschouwd worden voor de prijsbewegingen voor de referentiebrandstof van dierlijk vet. De daling is nu gebaseerd op het eerste kwartaal, de prijs voor de definitieve rapportage zal worden berekend op basis van gegevens tot en met het tweede kwartaal 2013. Gezien de dalende trend wordt de verwachte gemiddelde prijs voor 2014 met 10% verlaagd tot 600 €/ton bij een stookwaarde van 39 GJ/ton. De prijzen van dierlijke vetten bewegen mee met de prijzen van plantaardige oliën. Voor plantaardige oliën is er bovendien een goed ontwikkelde internationale markt. Door te handelen op de internationale markt voor plantaardige oliën kan men het risico van stijgende prijzen van dierlijke vetten goed afdekken.

3.2.3 Vergisting: biomassa voor allesvergisters

In de categorie van allesvergisting wordt een referentie-installatie beschouwd die reststromen gebruikt uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie of uit de biobrandstofproductie. Als referentiebrandstof wordt uitgegaan van reststoffen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie, waar het prijsniveau bepaald wordt door veevoedermarkten. De referentieprij voor de SDE+ 2014 is gelijk verondersteld aan de prijs voor de SDE+ 2013 van 25 €/ton bij een biogasproductie van 3,4 GJ/ton.

Er is wel een trend van stijgende prijzen voor vochtige diervoeders; de initiatiefnemers hebben de stromen echter meestal zelf in handen en zijn daardoor minder kwetsbaar voor prijsfluctuaties.

3.2.4 Vergisting: biomassa voor mestcovergisters

Grondstoffen voor mestcovergisting: mest

De prijs voor drijfmest kent regionale verschillen en loopt van € 0 tot -5 per ton in mesttekortgebieden tot maximaal € -15 tot -20 per ton in mestoverschotgebieden. Als referentieprij wordt uitgegaan van € -15 per ton voor mest van het eigen bedrijf. Rekening houdend met transportkosten is de referentieprij voor externe aanvoer -10 €/ton.

Van de totale input blijft ca. 90% aan massa over als digestaat. Voor de afvoer van digestaat dient gemiddeld 15 €/ton betaald te worden.

Grondstoffen voor mestcovergisting: cosubstraat

De zogeheten positieve lijst van coproducten is in 2012 uitgebreid met ruim 80 nieuwe producten. Deze producten worden op dit moment hoofdzakelijk geëxporteerd naar buitenlandse vergisters. Met het toelaten van deze coproducten wordt meer aangesloten bij de regelgeving voor buitenlandse vergisters. Wel is er een begrenzing aan de toegestane gehalten zware metalen en organische verontreinigingen. Deze nieuwe uitbreiding zal de druk op de markt voor coproducten enigszins verlichten, waardoor de kostenefficiëntie van de biogasopbrengst van de installaties op niveau gehouden kan worden. Wel treden van jaar op jaar fluctuaties op in de marktprijzen van het belangrijke cosubstraat maïs. Zie voor de illustratie van de prijsschommeling

Figuur 1.



Figuur 1: Geïndexeerde maïsprijzen 1996-2012 gebaseerd op prijzen van het LEI, index=100 voor het tweede kwartaal van 2010

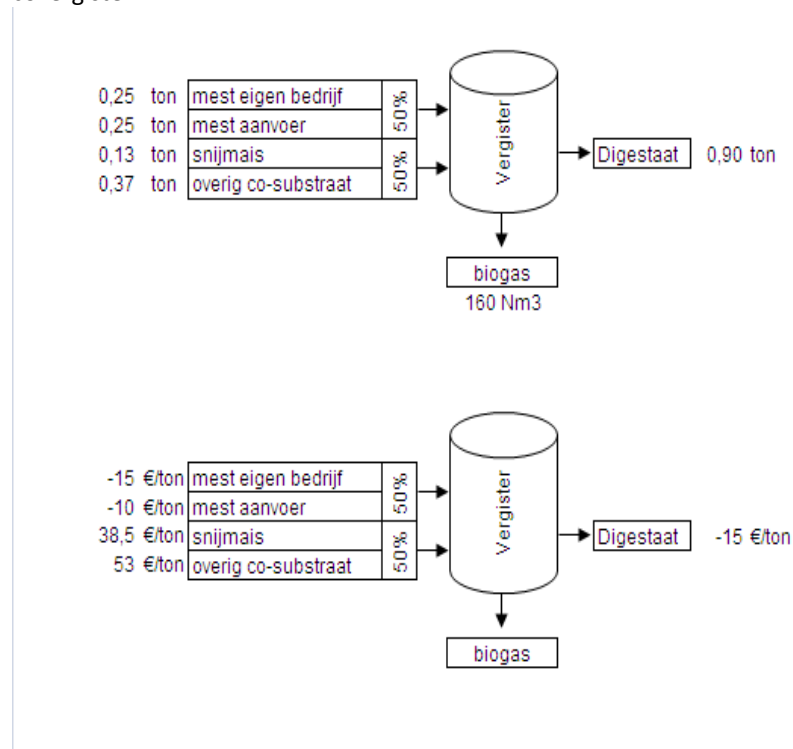
Om te voorkomen dat jaarlijkse schommelingen grote invloed krijgen op de berekende basisbedragen, is uit de marktconsultatie van 2010 naar voren gekomen dat een langjarig gemiddelde als uitgangspunt wenselijker is. Om te corrigeren voor schommelingen, is het gemiddelde van de afgelopen vijf jaar berekend op basis van handelsinformatie van het LEI (gecorrigeerd voor transport). De gemiddelde maïsprijs over de periode juni 2007 tot juni 2012 is 38,5 €/ton. In het eindadvies zal een gemiddelde maïsprijs over de periode juni 2008 tot juni 2013 worden opgenomen

In het eindadvies wordt de gemiddelde maïsprijs herberekend over de periode juni 2008 tot juni 2013.

Aangezien door de hoge maïsprijzen van de laatste jaren steeds meer overige agrarische reststoffen ingezet worden om de gemiddelde cosubstraatprijs te drukken en de gemiddelde gasopbrengst te verhogen, is het aandeel maïs gereduceerd tot minder dan 30% van het cosubstraat. De overige 70% wordt opgevuld door energiemixen,

gewasresten en glycerine. Overigens zal glycerine door de huidige hoge prijs deels vervangen kunnen worden door de nieuwe coproducten die tot nu toe geëxporteerd werden.

Figuur 2 geeft een schematische weergave van de aangenomen grondstofstromen in de covergister.



Figuur 2: Productstromen en prijzen voor vergistingsinputs en -outputs²

Naast maïs worden energierijke overige cosubstraten ingezet. Als referentiegasopbrengst van overig cosubstraat is 330 Nm³/ton aangenomen. De gemiddelde prijs voor cosubstraat (exclusief maïs) in 2012 is - gezien de prijsontwikkelingen van de energierijke cosubstraten - geïndexeerd met 2% naar 7,65 €/GJ of 53 €/ton bij de start van het project, met een netto gasopbrengst van 6,9 GJ/ton. De gasopbrengst van de totale input van mest en cosubstraat gezamenlijk bedraagt 3,4 GJ/ton. Voor prijsontwikkelingen gedurende de looptijd van het project worden alle kostenposten met 2%/jaar geïndexeerd voor inflatie. Dit geldt dus ook voor de grondstofkosten. Zie **Tabel 4** voor een overzicht van de gehanteerde prijzen voor de referentiebrandstoffen.

² In de berekeningsmethodiek wordt uitgegaan van de in de markt gebruikelijke methode om de energie inhoud van de mestinput en cosubstraten uit te drukken in gasopbrengst in Nm³/ton of GJ/ton bij een bepaalde energie-inhoud van het gas (21 MJ/m³). In de berekening wordt gerekend met de energie-inhoud van grondstoffen in GJ gasopbrengst per ton input. Voor de volledigheid: tonnen input zijn gebaseerd op het gehele product en niet alleen op het drogestofgehalte.

Tabel 4: Gehanteerde biomassaprijzen voor installaties die SDE+ in 2014 aanvragen

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprij
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
Vloeibare biomassa			
Dierlijk vet	39	600 (550-650)	15,4
Vaste biomassa			
Snoei- en dunningshout	9	48 (38-58)	5,3
Vergisting*			
Allesvergistingsinput	3,4	25	7,4
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	0,63	-10 (-20 tot 0)	-16
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	0,63	-15 (-30 tot -5)	-24
<i>Mais</i>	3,8	38,5 (25-45)	10,1
<i>Overig cosubstraat</i>	6,9	53 (23 tot 200)	7,65
Covergistingsinput	3,4	32 (14-32)	9,4

* De energie-inhoud van vergistingsinput is gegeven in GJ_{biogas}/ton. De referentieprij voor vergistingsinput is gegeven in €/GJ_{biogas}.

4

Technisch-economische parameters

Voor duurdere opties, met een basisbedrag boven 15 ct/kWh, zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd.

In de volgende paragrafen worden de onderliggende parameters om te komen tot de basisbedragen per techniek behandeld. Omwille van de leesbaarheid worden bij hubtoepassingen ook de resulterende productiekosten van ruw biogas getoond. Ruw biogas voldoet, anders dan groen gas, niet aan de specificaties om in het aardgasnet te mogen worden ingevoerd. De besproken technieken zijn vergisting van biomassa, thermische conversie van biomassa, ketels met vaste biomassa, ketels met vloeibare biomassa, bestaande installaties, waterkracht, windenergie, diepe geothermie, zon-PV, zonthermie en indicatieve berekeningen voor duurdere opties.

4.1 Vergisting van biomassa

4.1.1 Biogashubs³

Inleiding

Ruw biogas, hoofdzakelijk bestaand uit methaan en kooldioxide, dat geproduceerd is bij verschillende vergistinginstallaties, kan via een lagedrukleiding naar een centraal punt worden getransporteerd. Op de zogeheten hubs wordt het biogas ingezet voor de productie van elektriciteit of warmte. Het kan ook gezuiverd worden tot groen gas.

³ Bij ECN en DNV KEMA zijn geen initiatieven bekend voor nieuwe hubinstallaties. Aangezien de eerder berekende basisbedragen voor hubtoepassingen slechts weinig verschillen van de basisbedragen zoals berekend voor de bijbehorende zelfstandige categorieën, kunnen de hubcategorieën gecombineerd worden met de bijbehorende zelfstandige categorieën zonder grote inbreuk te maken op het uitgangspunt dat het merendeel van de initiatieven financieel uit moet kunnen met de berekende basisbedragen.

Een productiesysteem voor ruw biogas bestaat uit de volgende onderdelen:

- Vergister.
- Beperkte gasreiniging: deze stap bestaat met name uit ammoniakverwijdering en uit een diepere zwavelwaterstof-verwijdering dan bij direct gebruik ter plaatse van het biogas in een WKK.
- Warmte voor de vergister: een deel van het biogas wordt ingezet in een ketel om de vereiste warmte te leveren aan de vergister. Deze heeft verder elektriciteit van het net nodig.
- Gasdroging: het biogas dient voor het transport door ruw biogasleidingen goed van water ontdaan te worden.
- Eventueel transport naar een externe toepassing: het biogas, bestaande uit methaan en kooldioxide, wordt geleverd aan een andere installatie waar het wordt ingezet ter vervanging van aardgas.

Referentiesystemen productie ruw biogas

De belangrijkste aannames bij de bepaling van de technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas zijn:

- De kosten voor CO₂-afscheiding worden niet meegenomen in de berekening⁴.
- De kosten voor verwijdering van zwavelwaterstof of ammoniak zijn verdisconteerd in de kosten voor de vergister. Daarnaast is rekening gehouden met extra kosten voor additionele gasreiniging, gasdroging, extra investering voor een betere gasmeting dan bij WKK-toepassingen en een compressor om ruw biogas op de juiste leidingdruk te brengen.
- Verbranding in een ketel van een deel van het ruwe biogas levert de warmte voor de vergister.
- De elektriciteit voor de installatie wordt ingekocht.

De kosten voor de groengasproductie hebben betrekking op de extra kosten voor additionele gasreiniging, gasdroging, extra investering voor een betere gasmeting dan bij WKK-toepassingen en een compressor om ruw biogas op de juiste leidingdruk te brengen.

Biogasleiding

Om het ruwe biogas van de vergisters naar de centrale hub te leiden is een biogasleiding nodig. De kosten van een biogasleiding van 10 km lengte met een aangenomen diameter van 110 mm bedragen ca. 75.000 €/km. Dit is inclusief een correctie voor extra kosten die bij bijvoorbeeld infrastructuurkruisingen gemaakt worden.

In de kosten van een hub zijn biogasleidingen van in totaal 10 kilometer lengte meegenomen.

Beschrijving referentie-WKK-hub

De technisch-economische parameters voor de referentie WKK-hub inclusief biogasleiding zijn weergegeven in **Tabel 5**. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een WKK-hub van 5,6 €/GJ. Het biogas wordt met een jaargemiddelde efficiëntie van 61% op eindverbruik omgezet in warmte en kracht.

⁴ De referentie-installatie voldoet aan de emissienormen. De kosten van CO₂-afscheiding vallen buiten het kader van deze studie omdat deze kosten niet noodzakelijkerwijs gemaakt hoeven te worden voor de productie van groen gas.

Tabel 5: Technisch-economische parameters WKK-hub

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	12,7	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	4,7	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	6,1	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		n.v.t.	
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	445	€ 5,7 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	37	€ 470.000/jaar
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh _e]	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	0	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	
Productiekosten	[€/GJ]	5,6	

Beschrijving referentie-warmtehub

De technisch-economische parameters voor de referentie-warmtehub inclusief biogasleiding zijn weergegeven in **Tabel 6**. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een warmtehub van 1,0 €/GJ. Het biogas wordt met een jaargemiddelde efficiëntie van 90% omgezet in warmte.

Tabel 6: Technisch-economische parameters warmtehub

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	12,7	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ _{output}]	0,80	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	120	€ 1,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	1,7	€ 19.000/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	0	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	
Productiekosten	[€/GJ]	1,0	

Beschrijving referentie-groengashub

Het referentiesysteem voor een groengashub heeft een ruwbiogasininput van 2200 Nm³/h (of 1300 Nm³/h aan groen gas) met gaswassing met behulp van chemicaliën als gaszuiveringstechniek. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoffen. De vereiste elektriciteit wordt ingekocht.

Er wordt uitgegaan van de invoeding van het geproduceerde groen gas op het landelijke hogedruknet van 40 bar. Omdat de gekozen referentie-zuiveringstechniek (gaswassing met chemicaliën) onder atmosferische druk werkt, moet het geproduceerde groen gas tot 40 bar gecompriëerd worden.

De technisch-economische parameters voor de referentie-groengashub, inclusief biogasleiding en groengascompressie tot 40 bar, zijn weergegeven in **Tabel 7**. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een groengashub van 16,0 €/Nm³. Het biogas wordt met een jaargemiddelde efficiëntie van bijna 90% omgezet in groen gas.

Tabel 7: Technisch-economische parameters groengashub

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	2200	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,23	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	n.v.t.	
Grondstofkosten	[€/ton]	0	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	2270	€ 4,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	190	€ 376.000/jaar
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9	
Productiekosten	[€/Nm ³]	16,0	

Ook invoeden in een middendruknet van een regionaal distributienet met een druk van maximaal 8 bar is mogelijk. In combinatie met een gaswassing met chemicaliën moet ook hier een extra compressor geplaatst te worden. In tegenstelling tot gaswassing met chemicaliën werkt een cryogene zuiveringstechniek bij drukken van circa 8 bar, waardoor het gas direct op het regionale middendruknet ingevoerd kan worden. Bovendien heeft deze techniek als voordeel dat zuiver koolstofdioxide vrijkomt, dat wellicht commercieel handelbaar is. Nadeel is echter dat deze technologie vrij nieuw is; er zijn nog geen bestaande installaties met gasnetinvoeding die zich al meerdere jaren bewezen hebben. Hoewel er al wel ervaring is bij enkele zelfstandige installaties, is cryogene zuiveringstechniek niet beschouwd als referentietechniek.

4.1.2 AWZI/RWZI

Twee referenties: vervanging van een bestaande gasmotor en verhoging van de biogasproductie door thermische-drukhydrolyse.

Voor de categorie AWZI/RWZI hanteren ECN en DNV KEMA twee referentie-installaties: de productie van hernieuwbare energie bij vervanging van een bestaande gasmotor, en vergroting van de capaciteit door middel van thermische-drukhydrolyse⁵. Met deze twee referenties willen ECN en KEMA zowel de situatie beschrijven van een waterzuiveringsinstallatie waarbij voorheen geïnvesteerd is in duurzame-energieproductie en waar een vervangingsinvestering gedaan moet worden, als de situatie van een waterzuiveringsinstallatie waar met behulp van nieuwe techniek meer duurzame energie geproduceerd kan worden uit een bestaande zuiveringsinstallatie.

Bij de vervanging van de gasmotor is aangenomen dat deze op de locatie zelf wordt vervangen: de eigen WKK vervangen door een aansluiting op een WKK-hub ligt namelijk minder in de rede vanwege het hoge eigen elektriciteitsverbruik van de gehele zuiveringsinstallatie. Een zelfstandige installatie om waterzuiveringsgas volledig om te zetten in warmte is rendabel, zie ter vergelijking de doorrekening van een aansluiting op een warmtehub.

Productie van groen gas na vervanging gasmotor

Het referentiesysteem voor deze categorie heeft een ruwbiogasproductie van 100 Nm³/h (of ca. 60 Nm³/h groen gas). Dat is vergelijkbaar met een WKK-vermogen van 200 kW_e. Voor waterzuiveringsinstallaties is gaswassing de referentietechnologie voor gaszuivering. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoken. De restwarmte die hierbij vrijkomt kan worden gebruikt voor het dekken van een deel van de warmtevraag van de vergister. De vereiste elektriciteit wordt ingekocht. Zie **Tabel 8** voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van groen gas.

Tabel 8: Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	100	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	15	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,15	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	-	€ 0,6 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	7515	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	-	€ 43.000/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	506	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	22	
Grondstofkosten	[€/ton]	-	
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	-	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9	

⁵ Daarnaast is gekeken naar de kostenstructuur bij thermofiele gisting. Deze is in productiekosten van duurzame energie vergelijkbaar met vervanging van een bestaande gasmotor.

Productie van hernieuwbare energie na vervanging gasmotor

Het referentiesysteem voor de productie van ruw biogas en WKK heeft een thermische input van 570 kW_{th}. Dit resulteert in een elektrisch vermogen van 200 kW_e voor WKK. In **Tabel 9** en **Tabel 10** staan de technisch-economische parameters van AWZI/RWZI voor respectievelijk ruw biogas en WKK.

De kosten voor vervanging van de gasmotor zijn vergelijkbaar met de kosten van thermofiele gisting, ondanks verschillen in techniek.

Tabel 9: Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (ruw biogas). De kolom "Advies 2014 (overig)" heeft betrekking op aansluiting op een WKK- of groengashub

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (warmte)	Advies 2014 (overig)	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	100	100	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10	10	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,02	0,02	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,16	0,16	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	-	-	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	-	-	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	22,0	22,0	
Grondstofkosten	[€/ton]	-	-	
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	-	-	
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	823	823	€ 74.000
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	59	59	€ 5.300/jaar
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-	-	
Productiekosten ruw biogas	[€/ct/Nm ³] / [€/GJ]	4,1 / 1,3	3,7 / 1,2	
Basisbedrag via warmtehub (1,0 €/GJ hub en 90% rendement)	[€/GJ]	2,4		
Basisbedrag via groengashub (16,0 €/ct/Nm ³ hub en 89,9% rendement)	[€/ct/Nm ³]		20,1	

Tabel 10: Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	0,571	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	0,200	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	0,257	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	35	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	455	€ 0,3 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	37	€ 21.000/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	22	
Brandstofprijs	[€/ton]	-	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	-	

Vergroting van de slibvergistingcapaciteit in bestaande waterzuiveringsinstallaties door een voorgeschakelde thermische-drukhydrolyse

De biogasproductie uit waterzuiveringsinstallaties kan vergroot worden door een uitbreiding van een bestaande zuiveringsinstallatie met een thermische-drukhydrolyse. Aangenomen wordt dat de bestaande zuiveringsinstallatie reeds van een WKK-gasmotor is voorzien.

In waterzuiveringsinstallaties wordt zuiveringsslib vergist, waarbij in de meeste gevallen de gasopbrengst wordt gebruikt om met een WKK-gasmotor elektriciteit op te wekken. Hiermee wordt voor een deel het eigen energieverbruik van de waterzuiveringsinstallatie gedekt. Een nieuwe ontwikkeling bij waterzuiveringsinstallaties is het uitbreiden van deze vergistingsinstallaties met ontwatering en hydrolyse op basis van thermische druk. Hierdoor wordt een hogere gasopbrengst per ton slib bereikt. Door de voorgeschakelde ontwatering neemt ook de slibverwerkingscapaciteit van de bestaande installatie toe, waardoor per saldo een hogere gasopbrengst van de bestaande installatie wordt gerealiseerd. Een bijkomend voordeel is dat het slibdigestaat, dat ontstaat bij het vergisten van slib dat is voorbehandeld met een thermische-drukhydrolyse, nog verder ontwaterd kan worden, wat leidt tot lagere transportkosten.

In de referentie-installatie van de uitbreiding van de voorbewerking van een waterzuiveringsinstallatie zijn alleen de investeringskosten in de thermische-drukhydrolyse opgenomen. De kosten voor de ontwatering en modificaties aan de bestaande vergistingstank worden verondersteld te worden gecompenseerd door de lagere transportkosten van de afvoer van het slib.

De extra gasopbrengst die ontstaat bij het voorschakelen van een thermische-drukhydrolyse stap kan op verschillende manieren worden toegepast:

- Elektriciteitsproductie (meer opwekking voor eigen verbruik, waarbij de warmte van de WKK volledig wordt ingezet voor de thermische-drukhydrolyse).
- Opwerking van biogas tot groengaskwaliteit.
- Ruwbiogaslevering voor externe toepassingen.

De hydrolyse kent een eigen warmtevraag. Aan deze warmtevraag kan voldaan worden door de warmte die de WKK levert, op basis van de gehele gasopbrengst van de vergister (ca. 360 Nm³/uur ruw biogas). Bij ruwbiogaslevering en of groengaslevering moet meer dan de meeropbrengst van de hydrolyse aan gas ingezet worden voor het verwarmen van de hydrolyse. Daarom concluderen ECN en DNV KEMA dat alleen een WKK-optie hier nuttig kan zijn, waarbij een WKK van ca. 720 kW_e de benodigde warmte kan leveren. Omdat alle warmte gebruikt wordt voor het interne proces blijft alleen hernieuwbare elektriciteit als geleverd product over, waarover een SDE+-vergoeding ontvangen kan worden.

Door de hoge warmtevraag vormt thermische-drukhydrolyse een logische combinatie met een WKK-installatie.

De technisch-economische parameters voor elektriciteitsproductie staan in **Tabel 11**.

Tabel 11: Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (elektriciteit uit WKK met voorgeschakelde thermische-drukhydrolyse)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Doorzet slib	[ton droge stof/jaar]	16000	
Vollasturen	[uur/jaar]	8000	
Gasopbrengst	[Nm ³ /ton]	170	
Gasopbrengst	[Nm ³ /uur]	340	
Calorische waarde biogas	[MJ/Nm ³]	25	
WKK-vermogen (netto)	[kW _e]	723	
Voordeel eindverwerking	[€/ton drogestofinput]	40	
Totale investering	[€/kW _e]	6100	€ 4,4 miljoen
Totale variabele kosten	[€/kW _e]	800	€ 578.000/jaar

4.1.3 Mestmonovergisting

Nederland beschikt over een grote mestvoorraad. Naast covergisting van mest voor de productie van groen gas, hernieuwbare warmte en WKK-toepassingen, is het mogelijk om mest te vergisten zonder gebruik te maken van cosubstraat. Deze toepassing, mestmonovergisting, voldoet aan het criterium van inzet van minimaal 50% mest en komt dus in aanmerking voor de categorie mestcovergisting. In 2012 heeft het Ministerie van EZ ECN en DNV KEMA verzocht om afzonderlijk over de productiekosten voor mestmonovergisting te adviseren. Bij ECN en DNV KEMA zijn geen initiatieven bekend die de afgelopen twee jaar SDE voor mestmonovergisting hadden willen aanvragen.

Initiatieven voor mestmonovergisting zijn niet bekend bij ECN en DNV KEMA.

Beschrijving referentie-installatie voor productie van ruw biogas en groen gas

Het referentiesysteem voor deze categorie heeft een ruwbiogasproductie van 24,5 Nm³/h (of 14 Nm³/h groen gas). Dat is vergelijkbaar met een WKK-vermogen van 48 kW_e; daarmee is de referentie consistent met de referentie in het advies voor duurzame elektriciteit voor deze categorie.

Als referentie-gaszuiveringstechniek is gekozen voor een configuratie van membranen. De warmte die nodig is voor het verwarmen van de vergister wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoffen. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net.

Zie **Tabel 12** en **Tabel 13** voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas respectievelijk groen gas.

Tabel 12: Technisch-economische parameters mestmonovergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (warmte)	Advies 2014 (overig)	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	24,5	24,5	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	15	15	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,10	0,10	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,16	0,16	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	12450	12450	€ 0,3 miljoen
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	1175	1175	gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	675	675	€ 19.000/jaar
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	118	118	gezaamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	0,77	0,77	
Grondstofkosten	[€/ton]	-	-	
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	-	-	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-	-	
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm ³] / [€/GJ]	69,0 / 21,8	60,7 / 19,2	
Basisbedrag via warmtehub (1,0 €/GJ hub en 90% rendement)	[€/GJ]	25,2		
Basisbedrag via WKK-hub (5,6 €/GJ hub en 61% rendement)	[€/GJ]		37,1	
Basisbedrag via groengashub (16,0 €ct/Nm ³ hub en 89,9% rendement)	[€ct/Nm ³]		83,6	

Tabel 13: Technisch-economische parameters mestmonovergisting (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	24,5	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	15	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	12450	€ 0,4 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	6950	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	675	€ 24.000/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	380	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	0,77	
Grondstofkosten	[€/ton]	-	
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	-	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,0	

Beschrijving referentie-installatie voor hernieuwbare warmte en elektriciteit

De referentie-installaties voor de productie van hernieuwbare warmte en elektriciteit is gebaseerd op mest uit eigen bedrijf. Op basis van de energie-inhoud van mest en het elektrisch rendement van de gasmotor levert de referentie-installatie een netto elektrische output van 48 kW_e. Bij elektriciteit is technisch sprake van een WKK-installatie, waarbij de 31 kW_{th} warmte geheel gebruikt wordt voor het interne vergistingsproces. Alleen elektriciteit blijft daarbij over om af te zetten en om SDE+ over te vergoeden.

De warmte die de WKK-installatie levert is geheel nodig voor het interne vergistingsproces.

In **Tabel 14** en **Tabel 15** staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor respectievelijk warmte en elektriciteit.

Tabel 14: Technisch-economische parameters mestmonovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	0,149	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	15	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ _{output}]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,16	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	2755	€ 0,3 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	154	€ 18.000/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0,77	
Brandstofprijs	[€/ton]	-	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	-	

Tabel 15: Technisch-economische parameters mestmonovergisting (elektriciteit)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	0,149	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	0,048	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	0,031	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	0	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	32,0	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	2785	€ 0,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	200	€ 30.000/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0,77	
Brandstofprijs	[€/ton]	-	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	-	

4.1.4 Mestcovergisting

Bij covergisting van mest voor de productie van groen gas, hernieuwbare warmte en WKK-toepassingen wordt naast mest gebruik gemaakt van ten hoogste 50% aan cosubstraat als input voor de vergister.

Beschrijving referentie-installatie voor productie van ruw biogas en groen gas

Recente initiatieven voor mestcovergisters richtten zich overwegend op de SDE-categorie voor productie van duurzame warmte. Groengasprojecten of WKK-initiatieven zijn beperkt in aantal.

Voor nieuwe installaties is een productiecapaciteit geraamd van 505 Nm³/h ruw biogas (of 315 Nm³/h groen gas). De grootte van de vergister van een installatie met deze omvang is vergelijkbaar met die van een vergister van een bio-WKK van 1,1 MW_e. Schaafeffecten lijken voor vergisters beperkt te zijn. De maximale grootte van een vergistingstank wordt beperkt doordat het materiaal gehomogeniseerd moet kunnen worden; ook de diameter van het dak van een vergister is aan een maximum gebonden. Voor productie op grotere schaal worden dan ook vaak enkele tanks naast elkaar geplaatst.

Als referentie-gaszuiveringstechniek is gekozen voor gaswassing. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoken. De restwarmte die bij gaswassing vrijkomt is voldoende voor het verwarmen van de vergister. De vereiste elektriciteit wordt ingekocht.

Initiatieven om met mestcovergisting groen gas te produceren, of een WKK-installatie te voeden, zijn de laatste tijd beperkt in aantal.

Aanvullende opmerkingen

Er wordt aangenomen dat invoeding van het geproduceerde groen gas op het lokale net van 8 bar mogelijk is. Zie **Tabel 16** en **Tabel 17** voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas respectievelijk groen gas.

Tabel 16: Technisch-economische parameters mestcovergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (warmte)	Advies 2014 (overig)	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	505	505	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,12	0,12	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	4500	4500	€ 2,4 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	350	350	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	280	280	€ 158.000/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	35	35	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	32	32	
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	0,5	0,5	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-	-	
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm ³] / [€/GJ]	59,4 / 18,8	56,5 / 17,9	
Basisbedrag via warmtehub (1,0 €/GJ hub en 90% rendement)	[€/GJ]	21,9		
Basisbedrag via WKK-hub (5,6 €/GJ hub en 61% rendement)	[€/GJ]		34,9	
Basisbedrag via groengashub (16,0 €ct/Nm ³ hub en 89,9% rendement)	[€ct/Nm ³]		78,9	

Tabel 17: Technisch-economische parameters mestcovergisting (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	505	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,25	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	4500	€ 3,6 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	3020	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	280	€ 278.000/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	300	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	32	
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	0,5	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9	

Beschrijving referentie-installatie voor hernieuwbare warmte en WKK

De samenstelling van het cosubstraat bij mestcovergistingsinstallaties is door de jaren heen veranderd, waardoor de gasopbrengst per ton cosubstraat substantieel gestegen is naar ruim boven de 100 Nm³/ton van het mengsel van mest en cosubstraat.

Het vermogen van warmte-installaties is vaak groter dan het vermogen van WKK-installaties.

Nieuwe initiatieven voor mestcovergisting voor elektriciteitsproductie hebben in de afgelopen twee jaar een schaalgrootte voor WKK van circa 1 MW_e of kleiner. Voor de nieuwe duurzame warmte-initiatieven is de spreiding in schaalgrootte ruimer. Zo heeft één op de acht initiatieven een schaalgrootte van tussen de 2 en 6 MW_{th}. Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 1,1 MW_e (3 MW_{th,input})⁶. Een installatie met deze schaalgrootte blijft ruim onder de MER-grens en kan van mest worden voorzien door twee grote bedrijven. Het eerste jaar zal extra kosten opleveren ten gevolge van het opstarten van de installatie. Deze meerkosten zijn verrekend in de investeringskosten en leiden tot een totaal aan investeringskosten van 1150 €/kW_{th}.

Bij mestcovergisting ten behoeve van hernieuwbare warmte is uitgegaan van investeringskosten van 950 €/kW_{th}, inclusief de kosten voor een additionele ketel. De ketel levert warmte/stoom van ca. 120°C. Er zijn geen kosten meegenomen voor een gasleiding of een warmtenet.

Aanvullende opmerkingen

Het rendement van de gasmotor die deel uitmaakt van de WKK-installatie is berekend op een niveau dat aan de NO_x-emissie-eisen uit het Besluit Emissie-eisen Middelgrote Stookinstallaties (BEMS) voldaan wordt. Voor de SDE+-basisbedragen wordt gerekend met een elektrisch rendement bij de omzetting van het biogas naar netto

⁶ Aangezien een overgrote meerderheid van de nieuwe duurzame warmte-initiatieven voor deze categorie kleiner is dan de huidige referentie-installatie, vragen ECN en DNV KEMA naar kostencijfers van kleinere installaties om na te gaan of de range van de huidige referentie-installatie ook nog geldig is voor dergelijke kleinere installaties.

elektriciteitslevering van 37%. De grondstofkosten voor mestcovergisting zijn volatiel door de afhankelijkheid van zowel mestprijzen als cosubstraatkosten. Hoewel het niet mogelijk is om langetermijncontracten af te sluiten om al deze prijsrisico's af te dekken, bestaat enige flexibiliteit in de substraatmix. De grondstoffen worden van een regionale markt afgenomen, waardoor de prijsopslag beperkt is tot € 1 per ton cosubstraat.

In **Tabel 18** en **Tabel 19** staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor respectievelijk warmte en WKK.

Tabel 18: Technisch-economische parameters mestcovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	3,0	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ _{output}]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	954	€ 2,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	57	€ 146.000/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	32	
Brandstofprijsoopslag	[€/ton]	0,5	

Tabel 19: Technisch-economische parameters mestcovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	3,0	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	1,1	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	1,4	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37,0	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1150	€ 3,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	85	€ 253.000/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	32	
Brandstofprijsoopslag	[€/ton]	0,5	

4.1.5 Allesvergisting

Beschrijving referentie-installatie voor productie van ruw biogas en groen gas

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een vergister met diverse reststromen uit de voedings- en genotmiddelensector met een productiecapaciteit aan ruw biogas van 950 Nm³/h. Ook GFT-afval kan ingezet worden. Het geproduceerde biogas wordt opgewerkt tot groen gas door middel van gaswassingstechnologie. Er wordt gerekend met een grondstofprijs van 25 €/ton. De energie-inhoud van het biogas is 3,4 GJ/ton substraat. Zie **Tabel 20** en **Tabel 21** voor de technisch-economische parameters van productie van ruw biogas respectievelijk groen gas bij allesvergisters.

Tabel 20: Technisch-economische parameters allesvergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (warmte)	Advies 2014 (overig)	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	950	950	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,12	0,12	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	3900	3900	€ 4,0 miljoen
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	275	275	gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	220	220	€232.000/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	25	25	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25	25	
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	0	0	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-	-	
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm ³] / [€/GJ]	47,6 / 15,0	45,2 / 14,3	
Basisbedrag via warmtehub (1,0 €/GJ hub en 90% rendement)	[€/GJ]	17,7		
Basisbedrag via WKK-hub (5,6 €/GJ hub en 61% rendement)	[€/GJ]		29,1	
Basisbedrag via groengashub (16,0 €ct/Nm ³ hub en 89,9% rendement)	[€ct/Nm ³]		66,4	

Tabel 21: Technisch-economische parameters allesvergisting (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	950	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,25	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	3900	€ 5,8 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	2400	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	220	€ 414.000/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	240	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25	
Grondstofprijssopslag	[€/ton]	0	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9	

Beschrijving referentie-installatie voor hernieuwbare warmte en WKK

Bij deze vergistingsoptie wordt een bestaande installatie aangepast, waarbij een warmteproductie- of een elektriciteitsproductie-installatie in de bestaande installatie wordt geïntegreerd. De grondstof komt hoofdzakelijk beschikbaar vanuit de bestaande installatie en de energie van het geproduceerde biogas wordt goeddeels teruggeleverd aan dezelfde installatie in de vorm van elektriciteit, biogas, warmte of een combinatie daarvan.

De schaalgrootte van nieuwe WKK-initiatieven is kleiner dan of rond de 3 MW_e. Voor de nieuwe duurzame warmte-initiatieven ligt een op acht rond de 5 MW_{th}. Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 3 MW_e (8,1 MW_{th,input})⁷. De prijzen voor grondstoffen worden in eerste instantie bepaald door de veevoedermarkten, waar vrijwel alle grondstoffen een alternatieve toepassing hebben. Voor de grondstof is een prijs geraamd van 25 €/ton. De kosten voor het afvoeren van digestaat zijn verrekend met de grondstofkosten. De energie-inhoud van het biogas bedraagt 3,4 GJ/ton substraat.

In **Tabel 22** en **Tabel 23** staan de technisch-economische parameters van allesvergisting voor respectievelijk hernieuwbare warmte en WKK.

Nieuwe WKK-initiatieven bij allesvergisters zijn vaak kleiner dan de referentie-installaties uit voorgaande adviezen.

⁷ Aangezien alle nieuwe duurzame warmte-initiatieven voor deze categorie kleiner zijn dan de huidige referentie-installatie, vragen ECN en DNV KEMA naar kostencijfers van kleinere installaties om na te gaan of de range van de huidige referentie-installatie ook nog geldig is voor dergelijke kleinere installaties.

Tabel 22: Technisch-economische parameters allesvergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	8,1	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ _{output}]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	586	€ 4,1 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	32	€ 222.000/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	25	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	

Tabel 23: Technisch-economische parameters allesvergisting (WKK)

	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	8,1	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	3,0	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	3,9	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1055	€ 8,6 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	78	€ 632.000/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	25	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	

4.2 Thermische conversie van biomassa

Voor thermische conversie van biomassa, uitgezonderd vergassing ten behoeve van groengasproductie die in Paragraaf 4.15 wordt besproken, worden twee systeemgroottes onderscheiden, waarbij de grens op 10 MW_e ligt.

Thermische conversie van biomassa (<10 MW_e)

Veel initiatieven tot 10 MW_e worden ontwikkeld voor lokaal beschikbare biomassastromen. Decentrale overheden spelen vaak een initiërende of faciliterende rol. De referentie-installatie heeft een thermisch inputvermogen van 8,7 MW_{th}, waarbij maximaal 1,65 MW_e elektriciteit en 5 MW_{th} warmte geleverd kan worden. Installaties tot 10 MW_e dienen te voldoen aan BEMS, waardoor extra maatregelen genomen dienen te worden om de uitstoot van stikstofoxiden te verminderen, bijvoorbeeld met behulp van een DeNO_x. De investeringskosten liggen op 1550 €/kW_{th}. Deze kosten liggen hoger dan eerder aangenomen, omdat gebleken is dat de vergunningverleners in de meeste gevallen open opslag van biomassa niet toestaan. De meerinvestering voor een DeNO_x is geraamd op 45 €/kW_e voor kleinschalige installaties. Verbruik van een reductiemiddel zoals ureum levert een verhoging van O&M-kosten op die geraamd is op 0,006 €/kWh.

Thermische conversie van biomassa (>10 MW_e)

De referentie is een houtgestookte installatie met een inputvermogen van ca. 67 MW_{th}. De ketel heeft een thermisch vermogen van ca. 70 MW_{th} en kan via een tegendrukturbine lagedrukstoom genereren waarmee warmte op een temperatuur van 100-120°C geleverd kan worden aan een stadsverwarmingsnet. Uitgangspunt is dat de tegendrukturbine 50 MW_{th} kan leveren.

De referentie-installatie voor thermische conversie van biomassa (>10 MWe) is een tegendrukturbine.

Uitgangspunt van de referentie-installatie is dat deze gekoppeld is aan een groot bestaand stadverwarmingsnet, waarbij de geproduceerde warmte volledig ingezet kan worden. Het aantal vollasturen warmtelevering is dan ook hoog met 7500 uur. Op momenten dat geen vollast levering van warmte nodig is zal de gehele installatie in deellast moeten draaien. De locatie van een dergelijke installatie zal een industrieel gebied zijn, bij voorkeur in de directe nabijheid van de bestaande conventionele warmtekrachtinstallaties en goede aanvoerroutes voor biomassa.

De referentie-installatie is gebaseerd op snoei- en dunningshout als brandstof. Met dit type hout kunnen hogere stoomparameters toegepast worden waardoor een hoger elektrisch rendement haalbaar is. Door de lagere energie-inhoud van verse houtstromen is een groter opslag- en transportsysteem en een groter verbrandingsdeel van de installatie nodig. De rookgasreiniging kan lichter uitgevoerd worden aangezien vers hout minder schadelijke componenten bevat dan B-hout.

De technisch-economische data die horen bij deze referentie-installaties zijn samengevat in **Tabel 24**.

Tabel 24: Technisch-economische parameters thermische conversie van biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (klein, <10 MWe)	Advies 2014 (groot, >10 MWe)	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th,input}]	8,7	67	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	1,65	10	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th,output}]	5,0	50	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	7500	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	7500	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	19	14	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4	-	
Investeringskosten	[€/kW _{th,input}]	1550	1840	€ 13,5 miljoen resp. € 125 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th,input}]	80	110	€ 695.000/jaar resp. € 7,5 mln/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0,006	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9	9	
Brandstofprijs	[€/ton]	48	48	
Brandstofprijsoplag	[€/ton]	1	1	

4.3 Ketels met vaste biomassa

De referentie-installatie voor deze categorie is een heetwaterketel met een verbrandingsrooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentiebrandstof. De laatste twee jaar is een trend waarneembaar dat kleinschalige installaties tussen de 0,5 en 1 MW_{th} ontwikkeld gaan worden.

Ketels met een vermogen tussen 0,5 en 1 MW_{th} worden in toenemende mate ontwikkeld.

In de komende marktconsultatie worden marktpartijen uitgenodigd om in te gaan op de te verwachte schaalgrootte voor de komende jaren. In ieder geval vragen ECN en DNV KEMA naar kostencijfers voor ketels kleiner dan 1 MW_{th} om na te gaan of de range van de huidige referentie-installatie ook nog geldig is in het gebied onder de 1 MWe.

De referentie-installatie heeft een warmteleveringscapaciteit van 10 MW_{th} en is, ondanks afwijking van de gemiddelde schaalgrootte, qua kostenniveau representatief voor installaties tussen de 1 en 15 MW_{th}. Bij de referentie-installatie wordt de ketel geplaatst bij een bestaand ketelhuis in de industrie, tuinbouw of bij een stadswarmtecentrale. De toepassing van de warmte is deels industrieel en deels voor ruimteverwarming. Geen kosten zijn meegenomen voor het distributiesysteem van een

warmtenet. Civiele werken maken wel deel uit van de investeringskosten. In de vaste O&M-kosten en in de investering is rekening gehouden met een kostenpost voor rookgasreiniging inclusief een DeNOx. Naar aanleiding van consultatiereacties zijn de investeringskosten verhoogd van 370 €/kW_{th} naar 425 €/kW_{th} op outputbasis. De hoge investeringskosten worden met name veroorzaakt door hogere kosten voor opslag van biomassa en rookgasreiniging. Zie **Tabel 25** voor de technisch-economische parameters.

Tabel 25: Technisch-economische parameters heetwaterketel op vaste biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	11,1	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	10	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	425	€ 4,3 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	62	€ 620.000/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9	
Brandstofprijs	[€/ton]	48	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	1	

4.4 Ketels met vloeibare biomassa

In sommige gevallen zijn gasketels relatief snel en eenvoudig te vervangen door ketels op vloeibare biomassa, zoals bijvoorbeeld pyrolyse-olie. Als referentiebrandstof is gekozen voor dierlijk vet. Gezien de relatief lage bijdrage van de investeringskosten aan het basisbedrag en de mogelijkheid voor initiatiefnemers deze investeringskosten verder te verlagen door aangepaste branders te monteren in bestaande ketels is in dit advies het investeringsbedrag op nul gesteld. Hiermee is de berekening representatief voor zowel inzet van vloeibare biomassa in nieuwe bioketels als inzet van vloeibare biomassa in aangepaste bestaande ketels. In **Tabel 26** staan de parameters met betrekking op een ketel op vloeibare biomassa.

De referentiebrandstof is dierlijk vet, maar de kosten zijn ook representatief voor aanpassing van bestaande ketels met pyrolyse olie.

Tabel 26: Technisch-economische parameters nieuwe en bestaande ketels op vloeibare biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	11,1	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	10	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	0	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	24	€ 240.000/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	39	
Brandstofprijs	[€/ton]	600	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0	

4.5 Bestaande installaties

4.5.1 Warmtebenutting bij bestaande projecten

Bestaande hernieuwbare-energieprojecten hebben vaak mogelijkheden om extra warmte te leveren. Deze warmtebenutting is zonder aanvullende ondersteuning doorgaans niet rendabel. ECN en DNV KEMA berekenen voor zulke projecten de kostprijs van levering van hernieuwbare warmte. De uitbetaling in de SDE+-regeling wordt gecorrigeerd voor de marktprijs van de warmte. Het oogmerk daarbij is dat hiermee de verduurzaming van een warmtevraag mogelijk wordt gemaakt. Het benutten van een latente warmtevraag hoeft daarmee nog niet meteen aantrekkelijk te worden.

Er bestaan grote verschillen in kostprijs om warmte te benutten bij bestaande projecten.

De diversiteit van bestaande hernieuwbare-energieprojecten is groot. Eén basisbedrag voor warmtebenutting bij al deze installaties zal hoogstwaarschijnlijk tot overstimulering van de goedkopere warmteprojecten leiden of tot een lage effectiviteit van de regeling, waarbij vele relatief dure projecten niet rendabel te maken zijn. Daarom adviseren ECN en DNV KEMA om, evenals in 2012, verschillende categorieën te hanteren om tot een effectieve en efficiënte ondersteuning van warmtebenutting bij bestaande projecten te komen.

ECN en DNV KEMA verwachten dat een aanzienlijk potentieel van hernieuwbare warmte nuttig toe te passen is bij grote verbrandingsinstallaties (met name AVI's), bij relatief kleine agrarische vergisters (met name mestcovergistingsinstallaties) en bij grote industriële vergisters. Op verzoek van marktpartijen en na overleg met EZ leggen ECN en DNV KEMA de optie van warmtebenutting bij composteringsinstallaties nogmaals voor ter consultatie van de markt.

Uitbreiding van warmtelevering bij grote verbrandings- en vergistingsinstallaties

De kostenstructuur van warmtelevering bij grote projecten is deels afhankelijk van het primaire proces van verbranding of vergisting. Dit onderscheid is onvoldoende zichtbaar in de kostenstructuur, gegeven de spreiding van de kosten over diverse projecten. Daarom gebruiken ECN en DNV KEMA één referentieproject voor uitbreiding van warmtelevering bij grote verbrandings- en vergistingsinstallaties. De referentie-installatie is, op basis van het beschikbare potentieel, gebaseerd op warmtelevering bij bestaande AVI's. Nuttige toepassing van warmte die vrijkomt bij bestaande afvalverbranders is representatief voor warmtelevering vanuit de meeste bestaande processen.

Het verhogen van het rendement van AVI's door warmtelevering is een trend van de laatste jaren. Diverse AVI's hebben al warmte- of stoomlevering gerealiseerd, andere hebben verregaande plannen om deze levering te realiseren. In zowel de MEP- als in de SDE-regeling werd het verhogen van het rendement gestimuleerd. Daarom heeft dit advies alleen betrekking op bestaande AVI's die nog geen subsidie ontvangen uit de MEP of de SDE en die nog geen warmte uitkoppelen.

Voor extra warmtelevering vanuit AVI's zijn extra uitkoppelingskosten nodig voor bijvoorbeeld warmtewisselaars. Kosten voor de distributie van warmte of stoom zijn geen onderdeel van de berekening van de productiekosten van de referentie-installatie. Als referentie grootte is een uitkoppeling van 20 MW_{th} aangehouden, met 7000 vollaasturen warmtelevering per jaar. Bij warmtelevering wordt minder elektriciteit geproduceerd. Dit wordt verrekend in de variabele kosten met een factor van 0,25 MW_e elektriciteitsderving bij levering van 1 MW_{th} warmte, zie ook **Tabel 27**.

Tabel 27: Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande projecten

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_output}]	20	
Vollaasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	250	€ 5,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	3	€ 60.000/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	4,3	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0	
Brandstofprijs	[€/ton]	0	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	

Omdat AVI's niet in alle gevallen representatief zijn voor warmtebenutting bij bestaande projecten zijn twee andere situaties onderzocht: uitbreiding van warmtelevering bij bestaande mestcovergisting en warmtebenutting bij compostering.

Warmtebenutting bij bestaande agrarische vergistingsinstallaties

Het te adviseren basisbedrag heeft betrekking op de uitbreiding van een bestaande installatie. Het merendeel van de installaties die hiervoor in aanmerking komen bestaat uit mestcovergistingsinstallaties. Bestaande agrarische vergisters, zoals vergisters op mais die geen mest gebruiken, kennen echter eenzelfde kostenstructuur. Als referentie-installatie is daarom een bestaande mestcovergistingsinstallatie op eigen erf genomen. Anders dan bij een nieuwe installatie heeft de initiatiefnemer bij een bestaande installatie geen keuze uit meerdere locaties. Een bestaande vergister zal zich daarom moeten beperken tot de warmtevraag in de nabije omgeving. Het meest voor de hand liggend daarbij is de latente warmtevraag voor digestaatdroging op eigen erf.

Het biogas uit de vergistingstank wordt benut in een gasmotor voor elektriciteitsopwekking. Als uitgangspunt van de berekening wordt aangenomen dat de installatie tot medio 2017 een MEP-vergoeding ontvangt. De installatie kan uitgebreid zijn met een tweede gasmotor waarvoor een SDE-beschikking is toegekend. Aangenomen wordt dat deze uitbreiding geen gevolgen heeft voor de kosten van warmtebenutting.

De kosten die betrekking hebben op de aanvoer van mest en cosubstraat en afvoer van digestaat worden afgedekt via de MEP-vergoeding. Extra warmtebenutting leidt niet tot een verandering in deze biomassastromen. Aangenomen wordt daarom dat de biomassakosten geen gevolgen hebben voor de kosten van warmtebenutting.

Een bestaande agrarische vergister is voor zijn warmteafzet beperkt tot een warmtevraag in de nabije omgeving, zoals op eigen erf.

De schaalgrootte van huidige covergistinginstallaties varieert aanzienlijk, waarbij de kleinste een elektrisch vermogen hebben van minder dan 50 kW_e, terwijl dat van de grootste meer dan 5 MW_e is. Een kleine meerderheid van de installaties heeft evenwel een vermogen tussen 300 en 700 kW_e of rond 1,1 MW_e. Ruim 80% van de (OV)MEP⁸-installaties heeft een vermogen dat gelijk is aan of groter dan 350 kW_e. Voor de berekening is daarom een installatie doorgerekend van 350 kW_e. De mogelijke warmtebenutting bij deze installaties bedraagt 350 kW_{th}.

In de berekening van het basisbedrag wordt uitgegaan van 4000 vollasturen aan extra warmtelevering. De extra warmtebenutting vereist een investering in een rookgaskoeler (inclusief civiele werken), warmtewisselaars (inclusief aansluitkosten), een warmteleiding en bijkomende bouwkosten. De investeringskosten zijn geraamd op 240 €/kW_{th}. De O&M-kosten zijn bepaald op 55 €/kW_{th}/a. De technisch-economische parameters zijn opgenomen in **Tabel 28**.

Tabel 28: Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande agrarische vergisters

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Vermogen van warmteafzet	[MW _{th output}]	0,350	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Investeringskosten	[€/kW _{th output}]	240	€ 84.000
Vaste O&M kosten	[€/kW _{th output} /a]	55	€ 19.000/jaar
Variabele O&M kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	0	
Brandstofprijsoplag	[€/ton]	0	

De berekening is gebaseerd op een SDE+-duur van vijf jaar. Ook de duur van de lening en de afschrijvingstermijn is hierop aangepast voor de berekening van het basisbedrag.

Warmtebenutting bij compostering

Bij composteringsprocessen ontstaat broeiwarmte. Een gedeelte daarvan is nodig voor het op temperatuur houden van het proces. Het resterende deel is overtollig en beschikbaar voor nuttige toepassing. Daarvoor is het nodig om een warmtewisselaar te plaatsen in het bestaande luchtafvoersysteem. Daarnaast worden kosten gemaakt voor pompen en voor een leiding met een aangenomen lengte van 1,5 kilometer voor warmtetransport. De investering voor uitgekoppeld warmtevermogen is 450 €/kW_{th}. Zie voor deze en overige parameters **Tabel 29**. De resulterende productiekosten bedragen 4,4 €/GJ bij 7000 vollasturen.

Indien door warmtebenutting bij compostering hoofdzakelijk warmte aan glastuinbouw geleverd wordt, zou het aantal vollasturen verlaagd kunnen worden naar 5500 - analoog aan het aantal vollasturen voor geothermie. Hierdoor zou het basisbedrag op 5,5 €/GJ uit komen, met een correctiebedrag gebaseerd op warmte uit een WKK-installatie. ECN en DNV KEMA hebben vooralsnog onvoldoende indicaties om aan te nemen dat glastuinbouw de meest voor de hand liggende warmteafnemer is.

⁸ MEP: Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie. OVMEP: overgangsregeling MEP.

Het aantal vollasturen is afhankelijk van de typische afnemer van de warmte.

Tabel 29: Technisch-economische parameters warmtebenutting bij compostering (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW _{th output}]	2	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW _{th output}]	450	€ 0,9 miljoen
Vaste O&M kosten	[€/kW _{th output/a}]	45	€ 90.000/jaar
Variabele O&M kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0	
Brandstofprijs	[€/ton]	0	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	

4.5.2 Verlengde levensduur vergisting

De categorie van verlengde levensduur van vergisting heeft betrekking op vergistingsinstallaties waarvan de MEP-beschikking is afgelopen. Er is gerekend met een warmteafzet van 4000 vollasturen, gelijk aan de warmteafzet bij nieuwe projecten. Met het oog op de aangenomen levensduur van 12 jaar hebben ECN en DNV KEMA gerekend met onderhoud aan en eventueel vervanging van enkele onderdelen. Deze kosten zijn ondergebracht in de O&M-kosten.

Tabel 30: Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 Allesvergisting	Advies 2014 Mestcovergisting	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th input}]	2,2	2,2	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	0,8	0,8	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th output}]	1,0	1,0	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37	37	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	-	
Investeringskosten	[€/kW _{th input}]	0	0	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th input}]	148,5	148,5	€ 321.000/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	25	32	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	0,5	

Vergistingsinstallaties kunnen er ook voor kiezen om niet de gasmotor te vervangen, maar om de installatie aan te sluiten op een groengashub, zodat niet langer elektriciteit maar groen gas geproduceerd wordt. In **Tabel 31** staan de technisch-economische parameters van productie ten behoeve van een groengas- of warmtehub gebaseerd op bestaande alles- en mestcovergisters.

Tabel 31: Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 Allesvergisting (warmte)	Advies 2014 Allesvergisting (groen gas)	Advies 2014 Mestcovergisting (warmte)	Advies 2014 Mestcovergisting (groen gas)	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	370	370	370	370	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5	5	5	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,12	0,12	0,12	0,12	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	0,10	0,10	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	0	0	0	0	€ 135.000 gezaamenlijk
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	385	385	385	385	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	290	290	290	290	€ 121.000/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	38	38	38	38	
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	3,4	3,4	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25	25	32	32	
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	0	0	0,5	0,5	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-	-	-	-	
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm ³]/ [€/GJ]	37,7 / 11,9	36,6 / 11,6	45,7 / 14,5	44,6 / 14,1	
Basisbedrag via warmtehub (1,0 €/GJ hub en 90% rendement)	[€/GJ]	14,2		17,1		
Basisbedrag via groengashub (16,0 €ct/Nm ³ hub en 89,9% rendement)	[€ct/Nm ³]		56,7		65,6	

4.5.3 Verlengde levensduur verbranding

De categorie voor verlengde levensduur van verbrandingsinstallaties heeft betrekking op projecten waarvan de MEP-subsidie is beëindigd, met uitzondering van biomassameestookprojecten. De technisch-economische parameters in **Tabel 32** zijn gebaseerd op enkele projecten waarvan de MEP-beschikking reeds is afgelopen. Voor de brandstofprijs is aangesloten op de brandstofprijs voor nieuwe projecten (zie Hoofdstuk 5).

Nieuwe projecten voor verlengde levensduur zullen vaak BEC's zijn die voorheen sloophout verbrandden.

Nieuwe projecten in deze categorie zullen de komende jaren vooral bestaan uit een verlengde levensduur van BEC's die op sloophout draaien. Voor de verlengde levensduur worden geen renovatiekosten of andere investeringskosten meegenomen in de berekening. Een brandstofswitch van B-hout naar snoei- en dunningshout voor deze installaties verhoudt zich slecht tot het uitgangspunt om renovatiekosten niet mee te nemen in de berekening. In lijn met de berekening wordt aangenomen dat de installatie operationeel blijft zolang de variabele kosten lager zijn dan in inkomsten. Langjarige brandstofcontracten hoeven daarom niet noodzakelijkerwijs te worden afgesloten, waardoor een brandstofprijsopslag niet van toepassing is. Er is gerekend met een warmteafzet van 4000 vollasturen. Dit is lager dan de warmteafzet bij nieuwe projecten, omdat bestaande projecten niet opnieuw kunnen kiezen voor een locatie in de nabijheid van een geschikte warmtevraag.

Tabel 32: Technisch-economische parameters verlengde levensduur verbranding

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	85	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	20	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	50	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	23,5	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4	
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	0	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	80	€ 6,8 mln/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9	
Brandstofprijs	[€/ton]	45	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	

4.6 Waterkracht nieuw

Het verval van rivieren in de Nederlandse delta is gering. Toch zijn bestaande kunstwerken in rivieren geschikt om voldoende valhoogte te creëren die benut kan worden in waterkrachtcentrales. In de praktijk varieert deze doorgaans van 3 tot 6 meter, maar hij kan oplopen tot 11 meter in uitzonderlijke situaties. De potentiële projecten binnen de categorie waterkracht kennen een grote spreiding in investeringskosten en bijhorende basisbedragen. Daarom zijn de basisbedragen in dit advies gebaseerd op specifieke projecten waarbij het realisatiepotentieel en de kosten bepalend zijn geweest voor selectie.

Voor de categorie waterkracht nieuw is de referentie-installatie vastgesteld op een valhoogte van minder dan vijf meter. In eerdere jaren kende de SDE(+) categorieën voor waterkracht met valhoogte < 5 m en valhoogte ≥ 5 m. Voor dit advies is een nieuwe inventarisatie gemaakt van projecten die momenteel in voorbereiding zijn. Bij de bepaling van de referentie-installatie zijn de projecten die de grootste kans hebben om SDE aan te vragen in 2014 meegewogen. Dit heeft ertoe geleid dat in vergelijking met ons advies voor 2013 de referentie-installatie voor waterkracht is aangepast. Het basisbedrag dat op grond van de nieuwe referentie is bepaald, ligt boven de 15 €/kWh.

Projecten met een valhoogte groter dan 5 m. beperken zich tot gemalen bij sluizen. De gecombineerde functionaliteit van waterbeheer en energieproductie maakt dat als het project wordt gerealiseerd het in handen komt van RWS of een waterschap. Hiermee is er geen project geïdentificeerd dat op korte termijn in aanmerking kan komen voor SDE in de categorie waterkracht met valhoogte groter dan 5 m.

De technisch-economische parameters van de referentie-installatie voor waterkracht is samengevat in **Tabel 33**.

De referentie-installatie is geïkt op de eerstvolgende projecten die de benodigde vergunningen verwachten te verkrijgen.

Tabel 33: Technisch-economische parameters waterkracht nieuw

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Investeringskosten	[€/kW _e]	8150	€ 8,2 miljoen
Vollasturen	[h/a]	5700	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	100	€ 100.000/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0	

4.7 Waterkracht renovatie

Als onderdeel van het 'Programma Rijkswateren 2010 – 2015' (RWS, 2009), worden de voor vissterfte geldende normen voor bestaande waterkrachtcentrales aangescherpt.

Dit heeft tot gevolg dat vis-beschermende maatregelen moeten worden doorgevoerd. Voor de referentie-installatie van de categorie waterkracht-renovatie wordt vervanging van de bestaande turbines door een visvriendelijke variant beschouwd. De parameters in deze categorie zijn ten opzichte van het advies 2013 ongewijzigd.

De belangrijkste wet- en regelgeving omtrent vissterfte bij kunstwerken wordt gevormd door de Europese KaderRichtlijn Water (KRW) uit 2000, de in 2009 herziene Beneluxbeschikking Vrije Vismigratie en de Europese Aalverordening. Het 'Programma Rijkswateren 2010-2015' bevat een uitwerking van hiervan voor Nederland voor de wateren die onder beheer zijn van Rijkswaterstaat. Als onderdeel van de beheer- en ontwikkelplannen gaan voor een aantal bestaande waterkrachtcentrales strengere eisen gelden met betrekking tot vissterfte. Om invulling te geven aan deze eisen zullen de bestaande waterkrachtcentrales moeten worden aangepast. De inpassing van een innovatieve visvriendelijke turbine lijkt vooralsnog de voornaamste manier om aan de strengere eisen op het gebied van vissterfte te voldoen.

Voor de categorie waterkracht-renovatie is een referentie-installatie gedefinieerd waarvan de bestaande turbines vervangen worden door visvriendelijke turbines. Het is zeer waarschijnlijk dat bij een dergelijke renovatie ook (een deel van) de elektrische infrastructuur zoals de generator, transformatoren en bediening moeten worden aangepast. Er wordt aangenomen dat de benodigde aanpassingen aan de civiele werken (de kunstwerken) nihil zijn. In **Tabel 34** zijn de technisch-economische parameters voor de categorie waterkracht-renovatie opgenomen. In verband met een gewijzigde aanname over rentekorting op groenprojecten komt het basisbedrag dit jaar iets hoger uit dan vorig jaar, en wel op 6,3 €ct/kWh.

Tabel 34: Technisch-economische parameters visvriendelijke renovatie van waterkracht

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Investeringskosten	[€/kW _e]	1600	€ 1,6 miljoen
Vollasturen	[h/a]	4300	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	80	€ 80.000/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0	

4.8 Energie uit vrije stroming

Door nieuwe projecten buiten Nederland zullen de kosten energie uit vrije stroming de komende jaren kunnen dalen.

De parameters voor deze techniek zijn niet veranderd ten opzichte van het advies uit 2012. Dat advies was voornamelijk gebaseerd op inshore vrijegetijdenstromingsenergie: projecten die gerealiseerd worden in of nabij kunstwerken zoals zeeweringen of halfdoorlatende dammen die gebruik maken van de aanwezige getijdenwerking. Bij de Oosterscheldekering zijn twee vergunningen afgegeven voor de benutting van getijdenenergie uit vrije stroming, namelijk aan Tocardo en IHC-Merwede. Deze projecten staan gepland voor realisatie in 2014 en zullen elektriciteit leveren aan het elektriciteitsnet. Verder is er voor tenminste twee andere locaties een vergunning

aangevraagd voor demonstratieprojecten. Op de korte termijn wordt verwacht dat contracten afgesloten worden voor 25 MW aan turbines voor projecten buiten Nederland. Dit zal mogelijk leiden tot prijsdalingen voor volgende series van installaties in Nederland. In **Tabel 35** staan de gebruikte technisch-economische parameters voor energie uit vrije stroming.

Tabel 35: Technisch-economische parameters energie uit vrije stroming

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,5	
Investeringskosten	[€/kW _e]	5100	€ 7,7 miljoen
Vollasturen	[h/a]	2800	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	155	€ 233.000/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0	

4.9 Osmose

Uit het potentiaalverschil tussen zoet en zout water kan energie (elektriciteit dan wel arbeid) worden opgewekt. Er zijn twee varianten van osmose-energie die in het onderzoek- en ontwikkelingsstadium zijn:

- Pressure-Retarded Osmosis (PRO).
- Reverse ElectroDialysis (RED).

In 2013 is door Redstack begonnen met een kleine pilot-installatie van het RED-type bij de Afsluitdijk. De referentie-installatie en de technisch-economische parameters, zie **Tabel 36**, voor osmose-energie in het SDE+-advies zijn ongewijzigd ten opzichte van vorig jaar.

Bij de Afsluitdijk wordt een kleine pilot-installatie voor osmose gerealiseerd.

Tabel 36: Technisch-economische parameters osmose

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1	
Investeringskosten	[€/kW _e]	36000	€ 36,0 miljoen
Vollasturen	[h/a]	8000	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	130	€ 130.000/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0	

4.10 Windenergie

Op verzoek van het ministerie van EZ is evenals vorig jaar de volgende onderverdeling gemaakt in de categorieën voor windenergie⁹:

1. windenergie op zeer windrijke locaties.
2. windenergie op windrijke locaties.
3. windenergie op weinig windrijke locaties.
4. windenergie met turbines van 6 MW of groter.
5. windenergie met turbines in een meer.
6. windenergie op zee (zie Paragraaf 4.11).

Om tot de basisbedragen voor de categorieën voor windenergie op land te komen, worden verschillende type windturbines met bijbehorende investeringen gebruikt. Hieruit is opgemaakt dat de prijsdaling van 2013 zich ook in 2014 zal voortzetten met 5 à 10% ten opzichte van het prijsniveau van het voorgaande jaar.

De daling van turbineprijzen van 2013 zet zich ook in 2014 voort met een additionele 5 à 10%.

Bovenop de turbineprijs komen extra kosten voor fundatie (inclusief heipalen), elektrische infrastructuur in het park, netaansluiting, civiele infrastructuur, grondverwervingskosten, bouwrente en CAR-verzekering tijdens de bouw. Deze kosten zijn in de berekening in absolute getallen gelijk gehouden aan vorig jaar. Hierdoor is het percentage extra kosten gestegen van 29% naar 32% van de turbinekosten.

De variabele kosten bestaan uit garantie- en onderhoudscontracten en worden geraamd op ongeveer 1,1 €/kWh, waar bovenop inflatie van 2%/jaar wordt gerekend. (Nb.: alleen voor uiterst windrijk wordt een bedrag van 1,0 €/kWh aangehouden, aangezien door fabrikanten van dit type turbines lagere onderhoudskosten worden gerekend.) Daarbij komen de grondkosten, die geraamd zijn op 0,53 €/kWh. De vaste jaarlijkse kosten zijn 15,3 €/kW voor kosten als WA-verzekering, machinebreukverzekering, stilstandverzekering, netinstandhoudingskosten, eigenverbruik, OZB, opstalvergoeding, beheer en land- en wegenonderhoud. Deze variabele en vaste kosten zijn ten opzichte van vorig jaar gelijk gehouden.

Het basisbedrag is tot stand gekomen door deze kosten te combineren met de financiële baten. De opbrengsten worden in grote mate bepaald door het windaanbod en de vermogenskromme van de windturbine. Evenals vorig jaar wordt rekening gehouden met 10% opbrengstverlies die wordt veroorzaakt door niet volledige beschikbaarheid, elektrische verliezen, mechanische verliezen en zogverliezen.

De energieopbrengst is bepaald middels de specifieke vermogenskromme per windturbine en een gegeven jaargemiddelde windsnelheid. De verdeling van windrijke klassen is gelijk gehouden aan vorig jaar. Voor weinig windrijke gebieden is een gemiddelde windsnelheid van 7 m/s op 100 meter ashoogte aangenomen. Voor windrijke gebieden is dit 7,25 m/s, voor zeer windrijke gebieden 7,5 m/s en voor uiterst windrijke gebieden 8,0 m/s.¹⁰ Het gekozen basisbedrag is in combinatie met de

⁹ Voor de SDE+2013 werd deze onderverdeling gehanteerd om uitvoering te kunnen geven aan de moties Van der Werf (Kamerstuk 33 000 XIII, nr. 68) en Van Tongeren (Kamerstukken 29023, nr. 128).

¹⁰ De termen 'uiterst windrijk', 'zeer windrijk', 'windrijk' en 'weinig windrijk' zijn niet in de onderzoeksopdracht gedefinieerd. De onderzoeksopdracht sprak enkel van categorieën die op windsnelheid onderscheidend zijn.

bijbehorende vollasturen voldoende voor minimaal 25% van de types windturbines die op de markt beschikbaar zijn en passen bij de betreffende locatie. Hiermee wordt kostenefficiëntie bereikt door voldoende concurrentie tussen marktprijzen voor turbines te stimuleren.

Voor windturbines met een vermogen groter of gelijk aan 6 MW is rekening gehouden met hogere investeringskosten en lagere onderhoudskosten van 0,95 €/kWh door het grotere aantal vollasturen. Voor de categorie Wind in Meer is gerekend met variabele O&M kosten van 1,7 €/kWh. Ook is hier rekening gehouden met een afdracht voor plaatsing in het water van 0,53 €/kWh.

Bijkomende kosten van windprojecten, zoals (niet bij wet geregelde) afdrachten aan decentrale overheden, kosten voor participatie van omwonenden, kosten ten gevolge van een lang voorbereidingstraject en kosten ten gevolge van juridische procedures, worden door ECN en DNV KEMA niet meegewogen in de berekening van de productiekosten. Deze bijkomende kosten – evenals incidentele voordelen – zijn niet generiek van aard en mogen daarom conform de onderzoeksopdracht niet als subsidiabele kosten (of baten) door ECN en DNV KEMA gehonoreerd worden. Dit geldt ook voor alle voorbereidingskosten. De generieke voorbereidingskosten worden daarbij geacht uit het financiële rendement op eigen vermogen terugverdiend te kunnen worden.

Diverse kostenposten zijn niet meegenomen in de berekening, omdat ze niet generiek van aard zijn.

De technisch-economische parameters staan in **Tabel 37**, de resulterende basisbedragen staan in **Tabel 38**.

Tabel 37: Technisch-economische parameters windenergie

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (uiterst windrijk)	Advies 2014 (zeer windrijk)	Advies 2014 (windrijk)	Advies 2014 (weinig windrijk)	Advies 2014 (turbines > 6 MW)	Advies 2014 (wind in meer)
Installatiegrootte	[MW]	15	15	15	15	60	150
Investeringskosten	[€/kW _e]	1350	1300	1240	1260	1750	2500
Vollasturen	[h/a]	3300	2700	2200	2200	2900	3200
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0153	0,0163	0,0163	0,0163	0,0148	0,0223

Tabel 38: Basisbedragen voor wind op land en wind in meer op grond van de bestaande categorieën binnen de SDE+

Categorie	Vollasturen	Basisbedrag
Wind op Land, uiterst windrijk	3400	7,0
Wind op Land, zeer windrijk	2700	8,0
Wind op Land, windrijk	2200	9,0
Wind op Land, weinig windrijk	2200	9,2
Wind op Land \geq 6 MW	2900	9,3
Wind op Land \geq 6 MW (variant 1)	3000	9,0
Wind op Land \geq 6 MW (variant 2)	3500	8,0
Wind in Meer	3200	12,2

Voor wind op land \geq 6 MW correspondeert 2900 vollasturen met een uiterst windrijke omgeving. Een basisbedrag van 9,0 €/ct/kWh kan bij zulke turbines bereikt worden bij 3100 vollasturen. Bij een basisbedrag van 8,0 €/ct/kWh horen 3600 vollasturen. Een SDE+-beschikking van 8,0 €/ct/kWh en maximering op 3600 vollasturen leidt naar inzicht van ECN en DNV KEMA niet tot overstimulering bij turbines van ten minste 6 MW, ofschoon 3600 vollasturen niet meer realistisch is bij het gemiddelde Nederlandse windaanbod. Voor wind in meer (en wind op zee) zijn basisbedragen van 11 €/ct/kWh of lager niet realistisch.

4.11 Wind op zee

In januari 2013 is een discussie van start gegaan over het eventueel opheffen van het in 2005 afgekondigde moratorium voor het plaatsen van *nearshore* windparken: windturbines geplaatst binnen de twaalfmijlszone¹¹.

Het eerst gerealiseerde Nederlandse offshore windpark, Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ) is het enige park binnen deze afstand. Het tweede offshore windpark, het Prinses Amaliapark, ligt met 23 km vanaf IJmuiden net daarbuiten.

De belangrijkste reden voor het opnieuw bespreekbaar maken van het ontwikkelen van *nearshore* windparken is het verwachte kostenvoordeel wegens minder diep water, kortere onderzeese elektriciteitskabels en betere bereikbaarheid voor onderhoud. Omdat de waterdiepte een grote invloed heeft op de hoogte van de investeringskosten, geven ECN en DNV KEMA ter overweging om twee categorieën voor wind op zee te hanteren, waarbij de waterdiepte als leidend criterium genomen wordt met als voorgestelde grens een gemiddelde waterdiepte van 10 meter (bij laag water).

Het geadviseerde basisbedrag voor wind op zee bij een gemiddelde waterdiepte kleiner dan 10 meter ligt op 13,5 €/ct/kWh. Hierbij wordt opgemerkt dat er geen vergunningen zijn afgegeven voor parken met deze waterdiepte. Ook hebben ECN en DNV KEMA niet

¹¹ De twaalfmijlszone is het gebied op zee binnen een afstand van 12 nautische mijl (NM) of zeemijl van de kust. Een zeemijl is gedefinieerd als 1852 meter, 12 zeemijl is daarmee ruim 22,2 km.

geïnventariseerd in hoeverre ecologische waardes beperkingen opwerpen voor zulke parken.

Het basisbedrag voor wind op zee bij een gemiddelde waterdiepte groter dan 10 meter bedraagt indicatief circa 15 €/kWh voor de gunstigste locatie. De productiekosten voor wind op zee hangen sterk af van de locatie en zijn berekend onder de aanname van een individuele aansluiting op net voor rekening van de projectontwikkelaar.

De technisch-economische parameters voor beide geadviseerde categorieën zijn weergegeven in **Tabel 39** (waterdiepte kleiner dan 10 meter) en **Tabel 40** (waterdiepte groter dan 10 meter).

De gunstigste locatie voor wind op zee bij een waterdiepte van 10 meter of meer heeft productiekosten van ca. 15 ct/kWh.

Tabel 39: Technisch-economische parameters wind op zee, gemiddelde waterdiepte kleiner dan 10 meter

Parameter	Eenheid	Advies 2013	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	-	300	
Investeringskosten	[€/kW _e]	-	3000	€ 1,05 mld
Vollasturen	[h/a]	-	3550	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	-	100	€ 30 mln/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-	-	
Basisbedrag	[€/kWh]	-	13,5	

Tabel 40: Technisch-economische parameters wind op zee, gemiddelde waterdiepte groter dan 10 meter

Parameter	Eenheid	Advies 2013 (indicatief)	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	300	300	
Investeringskosten	[€/kW _e]	4000	3500	€ 0,90 mld
Vollasturen	[h/a]	4000	3730	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	150	100	€ 30 mln/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-	-	
Basisbedrag	[€/kWh]	16,0	ca. 15	

4.12 Diepe geothermie

Referentie-installatie geothermische warmte

De referentie-installatie voor geothermische warmte voor de SDE+ 2013 is gebaseerd op warmtelevering aan één of meerdere glastuinbouwbedrijven. Uitgangspunt hierbij is een geothermische bron (de aquifer) op 2300 of op 3000 meter diepte. Bij een gradiënt van 30°C per km wordt een brontemperatuur van ongeveer 80°C gerealiseerd. De geothermische bron op 2300 meter bestaat uit een dubbel doublet (twee injectie- en

productieputten) met een debiet van $2 \times 138 \text{ m}^3/\text{uur}$ en een vermogen van $12,4 \text{ MW}_{\text{th}}$. Hierbij wordt een warmtebenutting die overeenkomt met een ΔT van $40 \text{ }^\circ\text{C}$ verondersteld. Voor de warmteafzet wordt uitgegaan van 5500 vollasturen. Door het combineren van de warmtevraag van meerdere partijen kan de warmteafzet mogelijk verhoogd worden.

Voor grote projecten brengen ECN, DNV KEMA en TNO een afzonderlijke advies uit.

De investeringskosten van het doublet en de bovengrondse installatie zijn 9,4 miljoen euro, wat overeenkomt met $1520 \text{ €/kW}_{\text{th}}$. De boorkosten bedragen daarin 6,7 miljoen euro, met daarin inbegrepen een verhoging van 1 miljoen euro ten gevolge van veiligheidsmarges met betrekking tot een mogelijke bijkomende opbrengst van koolwaterstoffen en het afvangen daarvan. De overige kosten, onder andere voor de bovengrondse installatie en pomp(en), maar ook de premie voor de garantieregeling, bedragen 2,7 miljoen euro. De doorgaans langere levensduur van een geothermische bron is in de referentie meegenomen als een restwaarde van 35% na de beëindiging van de SDE+-vergoedingsperiode van 15 jaar. Het effect hiervan op het basisbedrag komt overeen met een verlaging van de investeringskosten tot $1420 \text{ €/kW}_{\text{th}}$, en is als zodanig in de investeringskosten verrekend.

De vaste O&M-kosten bedragen 2% van de investeringskosten, dit komt overeen met $30 \text{ €/kW}_{\text{th}}$ per jaar. De variabele O&M-kosten, die voortvloeien uit de benodigde pompenergie, uitgaande van een COP van 12,5 en elektriciteitskosten van 10 €/ct/kWh , zijn $2,2 \text{ €/GJ}_{\text{warmte}}$. De technisch-economische parameters van geothermische warmte zijn samengevat in **Tabel 41**.

Tabel 41: Technisch-economische parameters diepe geothermie (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (500-2700 m)	Advies 2014 (>2700 m)	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	$[\text{MW}_{\text{th,output}}]$	12,4	18,0	
Vollasturen warmteafzet	$[\text{h/a}]$	5500	5500	
Investeringskosten	$[\text{€/kW}_{\text{th,output}}]$	1420	1620	€ 17,6 miljoen resp. € 29,2 miljoen
Vaste O&M-kosten	$[\text{€/kW}_{\text{th,output}}]$	30	35	€ 372.000/jaar resp. € 630.000/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	$[\text{€/GJ}]$	2,2	1,85	
Energie-inhoud brandstof	$[\text{GJ/ton}]$	0	0	
Brandstofprijs	$[\text{€/ton}]$	0	0	
Brandstofprijsofslag	$[\text{€/ton}]$	0	0	

Voor grote geothermische projecten (>20 MW_{th}) brengen ECN, DNV KEMA en TNO afzonderlijke advies uit. Grote projecten, en de invloed van de aftopping in de SDE+-regeling op de haalbaarheid van deze projecten, zijn geen onderdeel van dit rapport.

Geothermische warmtekracht

De referentie-installatie voor geothermische warmtekracht is gebaseerd op een doublet en een diepte van de hydrothermale bron van 4000 m. In de hier gekozen variant zijn voor twee parameters zeer gunstige uitgangspunten gekozen, namelijk:

- Temperatuur 150°C (35°C per km in plaats van 30°C per km).
- Debiet 200 m³/uur.

De typering van de geothermische bron bij geothermische warmtekracht vormt in geen enkel opzicht een extrapolatie van de karakteristieken van de geothermische bron bij geringere boordieptes zoals voor geothermische-warmteprojecten is berekend. Er wordt aangenomen dat de warmte wordt geleverd aan een distributienetwerk met een temperatuurniveau van 75°C en dat elektriciteit wordt opgewekt met een Organic Rankine Cycle (ORC). Het vermogen van de geothermische bron is 25,6 MW_{th}. Het netto elektrisch vermogen van de ORC wordt aangenomen als 1,9 MW_e, wat overeenkomt met een netto rendement van ruim 7%. Het aantal vollasturen voor elektriciteit is 5000 uur/jaar, exclusief eigen gebruik. Het warmtevermogen voor de afstandsverwarming bedraagt 10 MW_{th}, wat overeenkomt met een thermisch rendement van 39%. Het aantal vollasturen voor warmtelevering is 4000 uur/jaar.

Net als voor de categorie voor geothermische warmte wordt verondersteld dat zowel de lening als de afschrijvingen betrekking hebben op een periode van 15 jaar. Er is aangenomen dat er na de SDE+-vergoedingsperiode van 15 jaar sprake is van een restwaarde van 35%. Dit is verrekend met de investeringskosten. De O&M-kosten bedragen 2% van de investeringskosten vermeerderd met elektriciteitsverbruik van de pomp(en). De technisch-economische parameters zijn samengevat in **Tabel 42**.

De referentie-installatie voor geothermische warmtekracht kent zeer gunstige condities van de ondergrond.

Tabel 42: Technisch-economische parameters diepe geothermie (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	25,6	
Elektrisch vermogen	[MW _e]	1,9	
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	10	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	5000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	7,3	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		0	
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1100	€ 28,2 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	45	€ 1,15 mln/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0	
Brandstofprijs	[€/ton]	0	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	

4.13 Zon-PV ≥ 15 kW_p

De prijsdaling van zonnepanelen in 2011 heeft zich voortgezet in 2012.

De referentie-installatie voor zon-PV is ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2013 niet gewijzigd: er wordt uitgegaan van een dakgebonden systeem van 100 kW_p. Op grond van de onderzoeksopdracht wordt in dit advies een inschatting gegeven van de laagst mogelijke kosten. Er wordt daarom uitgegaan van een project dat kan worden aangesloten op een bestaande netwerkaansluiting. Voor een subsidietoekenning uit SDE+2014 geldt dat door de aanvrager binnen 1 jaar na inwerkingtreding de opdrachten voor de levering van onderdelen voor en voor de bouw van de productie-installatie moeten worden verstrekt. Daarom wordt in deze berekening uitgegaan van het verwachte prijsniveau in 2015.

In dit conceptadvies wordt geen rekening gehouden met een prijsstijging t.g.v. een importheffing.

De prijsdaling van zonnepanelen die zich in 2011 voorgedaan heeft zich in 2012 voortgezet. De verwachting is dat prijzen in de komende jaren in een gematigder tempo verder dalen, al is er voor de korte termijn grote onzekerheid. Momenteel bestaat een prijsonzekerheid in de markt door een door de EU ingesteld onderzoek naar dumping van panelen uit China. Op basis van de resultaten van dit onderzoek kunnen Chinese panelen met terugwerkende kracht met een invoerheffing worden belast. De eventuele hoogte van de heffing is momenteel niet duidelijk. Deze onzekerheid heeft de afgelopen maanden al tot beperkte prijsstijgingen geleid. In dit conceptadvies kan vanwege de grote onzekerheid nog geen rekening worden gehouden met de eventuele structurele prijsstijging door deze heffing. Mogelijk is ten tijde van het definitieve advies meer bekend¹². Bovendien staan door de sterke prijsdalingen van afgelopen jaren de marges van veel producenten onder druk, ook de marges van de grotere partijen. De markt is volatiel; marktaandelen van producenten zijn nog volop in beweging, en faillissementen en overnames kunnen met enige regelmaat worden opgetekend. De komende jaren zullen belangrijk en bepalend zijn voor de PV-sector. Bedrijven zullen hun financiële positie moeten versterken en nieuwe afzetmarkten moeten aanboren.

Voordelige dakgebonden *turn key*-systemen met een omvang van ongeveer 100 kW_p hebben begin 2013 in Nederland een prijsniveau van ongeveer 1185 €/kW_p. In dit bedrag is rekening gehouden met de mogelijke vermogensafname. Op grond van de historische groeicurve kan een leereffect van ongeveer 19% per verdubbeling van de wereldwijde productie van zonnepanelen worden verondersteld. Toepassing van een dergelijk leereffect en een gematigde groei van de wereldwijde PV-markt leidt tot een inschatting van de investeringskosten voor systemen tot 100 kW_p van 1075 €/kW_p tegen het einde van 2015. Dit correspondeert met een daling van het basisbedrag ten opzichte van het advies vorig jaar tot 13,4 €ct/kWh. De technisch-economische parameters zijn samengevat in **Tabel 43**.

¹² Wanneer het onderzoek daartoe aanleiding geeft kan de Commissie in juli 2013 een voorlopige heffing opleggen. Definitieve uitkomsten van het onderzoek worden verwacht aan het einde van 2013.

Tabel 43: Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 15 kW_p

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	0,1	
Investeringskosten	[€/kW _e]	1075	€ 108.000
Vollasturen	[h/a]	1000	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	-	
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,017	

4.14 Zon thermisch

In de SDE+ regeling kennen zonthermische installaties een minimum-eis van tenminste 100 m² collectoroppervlak. Het ministerie van EZ heeft opdracht gegeven om wederom een advies uit te brengen voor zon-thermische installatie met deze ondergrens van 100 m² is als uitgangspunt. De technisch-economische parameters zijn niet gewijzigd ten opzichte van het vorige advies, zie **Tabel 44**.

Tabel 44: Technisch-economische parameters zon thermisch

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	0,1	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	700	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	700	€ 70.000
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	5,0	€ 500/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	1,6	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0	
Brandstofprijs	[€/ton]	0	
Brandstofprijsoverlag	[€/ton]	0	

4.15 Vergassing van biomassa

Een SNG-centrale voor groengasproductie door vergassing bestaat uit drie onderdelen: vergassing, gasreiniging en gasopwaardering. In de vergassingsinstallatie wordt vaste biomassa omgezet in gasvormige brandstof, genaamd syngas of stookgas. In de gasreinigingssectie worden onzuiverheden uit het gas verwijderd. Tenslotte wordt het gas opgewaarderd tot aardgaskwaliteit (SNG) waarna het als groen gas in het aardgasnet ingevoerd kan worden.

Voor de referentie-installatie is uitgegaan van een commerciële installatie waarvan de techniek het stadium van kleinschalige demonstratie is gepasseerd. De referentie-

installatie heeft een grootte van ca. 12 MW_{th} oftewel een productievermogen van 790 Nm³ SNG/uur. De installatie kan in haar eigen warmtebehoefte voorzien; wel is de inkoop van elektriciteit voor eigen verbruik meegenomen in de berekening van het basisbedrag. De combinatie van een houtvergasser en een gasopwaarderingsinstallatie zorgt voor een complexe productie-installatie: daarom wordt uitgegaan van 7500 vollasturen per jaar. Zie Tabel 42 voor de technisch-economische parameters.

Tabel 45: Technisch-economische parameters vergassing van biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2014
Referentiegrootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	790
Vollasturen	[h/a]	7500
Interne warmtevraag	[% biogas]	0
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,20
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10
Energie-inhoud biomassa	[GJ _{biogas} /ton]	9
Grondstofkosten	[€/ton]	48
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	1
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	31400
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	2688
Rendement gaszuivering	[% methaan]	100

5

Overzicht basisbedragen

De technisch-economische parameters uit Hoofdstuk 4 en de brandstofprijzen uit Hoofdstuk 3 zijn belangrijke gegevens om de basisbedragen te berekenen op basis van het ook in eerdere adviezen gebruikte gestileerde ECN-cashflowmodel. Het cashflowmodel is, voor iedere categorie ingevuld, te downloaden op de ECN-website via: <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/hernieuwbare-energie/projecten/sde/>.

Hier zijn ook andere parameterwaarden te vinden die in dit rapport niet nader besproken zijn. Hieronder vallen de financiële aannamen:

- Projectfinanciering.
- 80% vreemd vermogen.
- 6% rente op de lening, tenzij groenfinanciering van toepassing is (dan 5%).
- Aflossing van de lening annuïtair.
- 15% rendement op eigen vermogen.
- EIA wordt toegepast op basis van de EIA-lijst 2013 (tegen 44% aftrek).
- Vennootschapsbelasting 25,0%.

De resulterende basisbedragen staan in **Tabel 46**, **Tabel 47** en **Tabel 48**.

Tabel 46: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor vergisting van biomassa in een zelfstandige installatie

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Allesvergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	14,7	[€/GJ]	7000	-
	<i>WKK</i>	25,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5739
	<i>Groen gas</i>	59,3	[€/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	20,6	[€/GJ]	7000	-
	<i>WKK</i>	31,0	[€/GJ]	8000 / 4000	5732
	<i>Groen gas</i>	73,9	[€/Nm ³]	8000	-
Mestmonovergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	22,8	[€/GJ]	7000	-
	<i>Elektriciteit</i>	23,5	[€/kWh]	8000	-
	<i>Groen gas</i>	83,9	[€/Nm ³]	8000	-
AWZI/RWZI (thermische druk- hydrolyse)	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€/kWh]	8000	-
AWZI/RWZI	<i>WKK¹³</i>	6,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5751
	<i>Groen gas</i>	31,1	[€/Nm ³]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	<i>WKK</i>	22,5	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
	<i>Warmte (hub)</i>	14,3	[€/GJ]	7000	-
	<i>Groen gas (hub)</i>	56,7	[€/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	<i>WKK</i>	26,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
	<i>Warmte (hub)</i>	17,1	[€/GJ]	7000	-
	<i>Groen gas (hub)</i>	65,6	[€/Nm ³]	8000	-
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	<i>Warmte</i>	6,2	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande mestcovergisting	<i>Warmte</i>	8,2	[€/GJ]	4000	-
Warmtebenutting bij compostering	<i>Warmte</i>	4,4	[€/GJ]	7000	-

* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing.

¹³ Ook representatief voor thermofiele gisting.

Tabel 47: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor thermische conversie van biomassa

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Vergassing	<i>Groen gas</i>	123,1	[€ct/Nm ³]	7500	-
Thermische conversie (<10 MW _e)	<i>WKK</i>	40,9	[€/GJ]	8000/4000	4241
Thermische conversie (>10 MW _e)	<i>WKK</i>	21,8	[€/GJ]	7500/7500	7500
Verbranding verlengde levensduur	<i>WKK</i>	18,7	[€/GJ]	8000/4000	4429
Ketel op vaste biomassa	<i>Warmte</i>	11,5	[€/GJ]	7000	-
Ketel op vloeibare biomassa	<i>Warmte</i>	19,8	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande AVI's	<i>Warmte</i>	6,2	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande verbanding	<i>Warmte</i>	6,2	[€/GJ]	7000	-

* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing.

Tabel 48: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor overige opties

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Bodemenergie en aardwarmte					
Diepe geothermie (500-2700m)	<i>Warmte</i>	11,8	[€/GJ]	5500	-
Diepte geothermie (>2700m)	<i>Warmte</i>	12,7	[€/GJ]	5500	-
Diepe geothermie	<i>WKK</i>	23,9	[€/GJ]	5000 / 4000	4158
Windenergie					
Wind op land, uiterst windrijk	<i>Elektriciteit</i>	7,0	[€/kWh]	3400	-
Wind op land, zeer windrijk	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€/kWh]	2700	-
Wind op land, windrijk	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€/kWh]	2200	-
Wind op land, weinig windrijk	<i>Elektriciteit</i>	9,2	[€/kWh]	2200	-
Wind op Land ≥ 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	9,3	[€/kWh]	2900	-
Wind op Land ≥ 6 MW (variant 1)	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€/kWh]	3000	-
Wind op Land ≥ 6 MW (variant 2)	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€/kWh]	3500	-
Wind in meer	<i>Elektriciteit</i>	12,2	[€/kWh]	3200	-
Wind op zee (waterdiepte tot 10 meter)	<i>Elektriciteit</i>	13,5	[€/kWh]	3550	-
Wind op zee (waterdiepte 10 meter of meer)	<i>Elektriciteit</i>	ca. 15	[€/kWh]	3730	-
Energie uit water					
Waterkracht nieuw	<i>Elektriciteit</i>	15,4	[€/kWh]	5700	-
Waterkracht renovatie	<i>Elektriciteit</i>	6,2	[€/kWh]	4300	-
Energie uit vrije stroming	<i>Elektriciteit</i>	25,4	[€/kWh]	2800	-
Osmose	<i>Elektriciteit</i>	49,0	[€/kWh]	8000	-
Zonne-energie					
Zon-PV (> 15 kW _p) dakgebonden	<i>Elektriciteit</i>	13,4	[€/kWh]	1000	-
Zonthermie	<i>Warmte</i>	33,1	[€/GJ]	700	-

* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmtelevering.

Afkortingen

AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
BEC	Bioenergiecentrale
BEMS	Besluit emissie-eisen middelgrote stookinstallaties
CAR	<i>Construction all risk</i> , bouwverzekering
COP	<i>Coefficient of performance</i> , prestatiecoëfficiënt
EIA	Energieinvesteringsaftrek
EZ	Ministerie van Economische Zaken
LEI	Landbouw Economische Instituut
MEP	Milieukwaliteit elektriciteitsproductie
MER	Milieueffectrapportage
O&M	<i>Operation&Maintenance</i> , Onderhoud&Beheer
ORC	Organische Rankine cyclus
SDE	Stimuleringsregeling duurzame energieproductie
SNG	<i>Substitute Natural Gas of Synthetic Natural Gas</i>
VLU	Vollasturen
WKK	Warmtekrachtkoppeling

ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl