



Basisbedragen in de SDE+ 2013 Eindadvies

S.M. Lensink (ECN)
J.A. Wassenaar (DNV KEMA)
M. Mozaffarian (ECN)
S.L. Luxembourg (ECN)
C.J. Faasen (DNV KEMA)

September 2012
ECN-E--12-038



Verantwoording

Dit rapport is geschreven door ECN in samenwerking met DNV KEMA en in opdracht van het Ministerie van EL&I. Het onderzoek staat geregistreerd onder projectnummer 5.1562.04.01. Contactpersoon voor het project is Sander Lensink (lensink@ecn.nl).

Aan het onderzoek is tevens meegewerkt door Edward Pfeiffer, Paul Franck, Bart in 't Groen (DNV KEMA), Paul Vethman en Paul Lako (ECN). De auteurs danken hen voor hun inbreng.

Abstract

On assignment of the Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, 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 for the feed-in support scheme SDE+. This report contains the advice on the cost of projects in the Netherlands targeted for realization in 2013. The advice covers technologies for the production of green gas, biogas, renewable electricity and renewable heat.

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	Werkwijze en uitgangspunten	9
4	Toelichting premiestructuur	12
5	Prijzen voor elektriciteit en biomassa	16
5.1	Elektriciteitsprijzen	16
5.2	Biomassaprijzen	16
6	Technisch-economische parameters	21
6.1	Vergisting van biomassa	21
6.2	Thermische conversie	37
6.3	Ketel met vaste biomassa	38
6.4	Ketel met vloeibare biomassa	39
6.5	Bestaande installaties	40
6.6	Waterkracht	45
6.7	Windenergie	46
6.8	Diepe geothermie	49
6.9	Zonthermie	51
6.10	Zon-PV ≥ 15 kW _p	52
6.11	Indicatieve berekeningen voor duurdere opties	53
7	Overzicht basisbedragen	57
	Afkortingen	61
	Referenties	62
Bijlagen		
A.	Additionele financiële instrumenten	64

Samenvatting

Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft advies gevraagd aan ECN en DNV KEMA over de basisbedragen voor 2013. Dit rapport bevat het eindadvies, nadat eerder een conceptversie gebruikt is om marktpartijen nader te consulteren. In Tabel 1 staat het overzicht van de basisbedragen voor vergisting van biomassa, in Tabel 2 voor thermische conversie van biomassa en in Tabel 3 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 wind op zee, energie uit vrije stroming, osmose, groen gas uit vergassing en elektriciteit uit mestmonovergisting, zijn de basisbedragen gebaseerd op indicatieve berekeningen. De kostenontwikkelingen bij wind op zee zijn wel van dien aard, dat in komende jaren het betreffende basisbedrag alsnog onder de 15 €/kWh uit kan komen. Meer specifieke aandacht voor deze techniek is daarom in de toekomst gerechtvaardigd.

Tabel 1: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2013 voor vergisting van biomassa

	Pg	Hub	Energie-product	Basis-bedrag	Eenheid	Vollasturen [*]	Vollasturen samengesteld
Allesvergisting (zelfstandig)	36	Nee	Warmte	14,7	[€/GJ]	7000	-
	36	Nee	WKK	26,0	[€/GJ]	8000 / 4000	5739
	34	Nee	Groen gas	59,4	[€/Nm ³]	8000	-
Allesvergisting (hubtoepassing)	23,34	Ja	Warmte	17,7	[€/GJ]	7000	-
	22,34	Ja	WKK	29,1	[€/GJ]	8000 / 4000	5741
	24,34	Ja	Groen gas	66,4	[€/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (zelfstandig)	33	Nee	Warmte	20,6	[€/GJ]	7000	-
	33	Nee	WKK	31,1	[€/GJ]	8000 / 4000	5732
	31	Nee	Groen gas	74,0	[€/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (hubtoepassing)	23,31	Ja	Warmte	21,9	[€/GJ]	7000	-
	22,31	Ja	WKK	34,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5741
	24,31	Ja	Groen gas	78,9	[€/Nm ³]	8000	-

	Pg	Hub	Energie-product	Basis-bedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Mestmonovergisting (zelfstandig)	30	Nee	<i>Warmte</i>	23,1	[€/GJ]	7000	-
	30	Nee	<i>Elektriciteit</i>	23,5	[€ct/kWh]	8000	-
	28	Nee	<i>Groen gas</i>	84,0	[€ct/Nm ³]	8000	-
Mestmonovergisting (hubtoepassing)	23,28	Ja	<i>Warmte</i>	25,2	[€/GJ]	7000	-
	22,28	Ja	<i>WKK</i>	37,1	[€/GJ]	8000 / 4000	5741
	24,28	Ja	<i>Groen gas</i>	83,6	[€ct/Nm ³]	8000	-
AWZI/RWZI (thermischedruk-hydrolyse)	27	Nee	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€ct/kWh]	8000	-
AWZI/RWZI (vervanging gasmotor)	25	Nee	<i>WKK</i>	6,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5751
	25	Nee	<i>Groen gas</i>	31,2	[€ct/Nm ³]	8000	-
	23,25	Ja	<i>Warmte</i>	2,4	[€/GJ]	7000	-
	24,25	Ja	<i>Groen gas</i>	20,1	[€ct/Nm ³]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	43	Nee	<i>WKK</i>	22,5	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
Allesvergisting (verlengde levensduur)	24,43	Ja	<i>Groen gas</i>	56,7	[€ct/Nm ³]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	23,43	Ja	<i>Warmte</i>	14,2	[€/GJ]	7000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	43	Nee	<i>WKK</i>	26,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	24,43	Ja	<i>Groen gas</i>	65,6	[€ct/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	23,43	Ja	<i>Warmte</i>	17,1	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	40	Nee	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande mestcovergisting	41	Nee	<i>Warmte</i>	8,2	[€/GJ]	4000	-
Warmtebenutting bij compostering	42	Nee	<i>Warmte</i>	4,4	[€/GJ]	7000	-

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

Tabel 2: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2013 voor thermische conversie van biomassa

	Pg	Energie-product	Basis-bedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Vergassing	53	<i>Groen gas</i>	123,4	[€ct/Nm ³]	7500	-
Thermische conversie (<10 MW _e)	37	<i>WKK</i>	40,9	[€/GJ]	8000/4000	4241
Thermische conversie (>10 MW _e)	37	<i>WKK</i>	21,8	[€/GJ]	7500/7500	7500
Verbranding verlengde levensduur	44	<i>WKK</i>	18,7	[€/GJ]	8000/4000	4429
Ketel op vaste biomassa	38	<i>Warmte</i>	11,5	[€/GJ]	7000	-
Ketel op vloeibare biomassa	39	<i>Warmte</i>	21,7	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande AVI's	40	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande verbanding	40	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-

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

Tabel 3: Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2013 voor overige opties

	Pg	Energie-product	Basis bedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Bodemenergie en aardwarmte						
Diepe geothermie	49	<i>Warmte</i>	11,8	[€/GJ]	5500	-
Diepe geothermie	50	<i>WKK</i>	24,0	[€/GJ]	5000 / 4000	4158
Windenergie						
Wind op land, uiterst windrijk	46	<i>Elektriciteit</i>	7,0	[€ct/kWh]	3300	-
Wind op land, zeer windrijk	46	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€ct/kWh]	2800	-
Wind op land, windrijk	46	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€ct/kWh]	2400	-
Wind op land, weinig windrijk	46	<i>Elektriciteit</i>	9,5	[€ct/kWh]	2200	-
Wind op Land ≥ 6 MW	46	<i>Elektriciteit</i>	9,3	[€ct/kWh]	3000	-
Wind in meer	46	<i>Elektriciteit</i>	12,2	[€ct/kWh]	3200	-
Wind op zee	54	<i>Elektriciteit</i>	16,0	[€ct/kWh]	4000	-
Energie uit water						
Laag verval (<5 m)	45	<i>Elektriciteit</i>	11,8	[€ct/kWh]	7000	-
Bestaande waterstaatkundige voorzieningen	46	<i>Elektriciteit</i>	6,2	[€ct/kWh]	4300	-
Energie uit vrije stroming	55	<i>Elektriciteit</i>	25,5	[€ct/kWh]	2800	-
Osmose	55	<i>Elektriciteit</i>	49,3	[€ct/kWh]	8000	-
Zonne-energie						
Zon-PV (> 15 kW _p)	52	<i>Elektriciteit</i>	14,8	[€ct/kWh]	1000	-
Zonthermie	51	<i>Warmte</i>	33,3	[€/GJ]	700	-

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

1

Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) heeft aan ECN en DNV KEMA advies gevraagd over de hoogte van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2013. Dit rapport bevat het eindadvies over de basisbedragen. Evenals bij vergelijkbare onderzoeken in voorgaande jaren, hebben ECN en DNV KEMA in overleg met het ministerie gekozen om de markt te consulteren over het voorgenomen advies. Hiertoe is een conceptadvies geschreven (Lensink *et al.*, 2012a). De binnengekomen reacties, voorzien van commentaar door ECN en DNV KEMA, zijn verzameld in (Lensink *et al.*, 2012b).

ECN en DNV KEMA adviseren het ministerie over de hoogte van de basisbedragen voor door het ministerie voorgeschreven categorieën. De Minister van EL&I beslist over de openstelling van de SDE+-regeling in 2013, de open te stellen categorieën en de basisbedragen voor nieuwe SDE+-beschikkingen in 2013.

Leeswijzer

De uitgangspunten van het advies, zoals opdracht en rekenmethodiek, staan genoemd in Hoofdstuk 2. In Hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de werkwijze en randvoorwaarden, zoals flankerend beleid en financiële uitgangspunten. De feed-in-premiestructuur van de SDE+ wordt toegelicht in Hoofdstuk 4.

De prijsontwikkelingen voor elektriciteit, gas en biomassa worden toelicht in Hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 geeft per categorie een overzicht van de technisch-economische parameters van de hernieuwbare-energieopties. Hoofdstuk 7 besluit met conclusies waarbij de vertaalslag naar basisbedragen gemaakt is.

2

Proces

Het conceptadvies is gepubliceerd op 15 mei 2012 ten behoeve van de openbare marktconsultatie. Als eerste aanzet hiertoe is op 7 mei 2012 een informatiebijeenkomst voor brancheorganisaties gehouden bij het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Met dat rapport werden marktpartijen uitgenodigd om schriftelijk naar ECN te reageren.

Ongeveer 30 schriftelijke reacties zijn ontvangen. De helft daarvan heeft geleid tot een vervolgesprek. Op basis van de schriftelijke reacties en de daarop volgende gesprekken, hebben ECN en DNV KEMA wijzigingen aangebracht in het advies.

Het proces, het advies en de wijze waarop ECN en DNV KEMA de binnengekomen marktreacties hebben meegewogen, zijn onderwerp geweest van een externe review door het Duitse Fraunhofer ISI uit Karlsruhe in opdracht van het Ministerie van EL&I.

3

Werkwijze en uitgangspunten

Het Ministerie van EL&I heeft aan ECN en DNV KEMA advies gevraagd voor het vaststellen van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2013. De te adviseren basisbedragen bevatten de productiekosten van hernieuwbare energiedragers, vermeerderd met eventuele regelings specifieke meerkosten in relatie tot het afsluiten van elektriciteits- of gascontracten. Het ministerie heeft vooraf categorieën benoemd in de adviesvraag. Voor alle categorieën berekenen ECN en DNV KEMA de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, groen gas of hernieuwbare warmte. De Minister van EL&I besluit over de uiteindelijke openstelling van categorieën. Noch de opname noch de afwezigheid van een categorie in dit rapport kunnen gelezen worden als advies ten aanzien van eventuele openstelling.

In het overleg tussen het Ministerie en ECN en DNV KEMA zijn de uitgangspunten voor de berekening vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de effectiviteit en efficiëntie van een regeling als de SDE+, cf. (Van Sambeek *et al.*, 2002). Dit impliceert dat de SDE+-vergoeding, en dus de basisbedragen, voldoende hoog moeten zijn om productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en groen gas in de categorieën mogelijk te maken, maar dat de basisbedragen niet toereikend hoeven te zijn voor alle geplande projecten. Als vuistregel geldt dat het merendeel van de projecten per categorie met de basisbedragen doorgang moet kunnen vinden.

Bij het berekenen van de productiekosten dient rekening gehouden te worden met bestaande wet- en regelgeving, voor zover generiek van toepassing in Nederland. Het advies gaat dus uit van beleid waarvan vaststaat (op basis van besluitvorming) dat het in 2013 van kracht is. De productiekosten hebben betrekking op projecten waarvoor in 2013 SDE+ aangevraagd kan worden en die in 2013 of begin 2014 als bouwproject van start kunnen gaan. Voor de productiekosten van zon-PV heeft het Ministerie van EL&I aangegeven dat uitgegaan dient te worden van de verwachte productiekosten in de tweede helft van 2014. Het Ministerie van EL&I ziet erop toe dat de berekende productiekosten recht doen aan de bepalingen van de Europese Commissie op het gebied van staatssteun.

Voor iedere categorie is een referentie-installatie bepaald. De referentie-installatie bestaat uit een bepaalde techniek (of combinatie van technieken) in combinatie met een gangbaar aantal vollasturen en voor de bio-energiecategorieën een referentiebrandstof. De referentie-installatie (eventueel in combinatie met een referentiebrandstof) acht ECN en DNV KEMA ook gangbaar voor nieuwe projecten in de te onderzoeken categorie.

Voor de bepaalde brandstof-techniekcombinaties worden de technisch-economische parameters bepaald. Op basis van deze parameters worden de productiekosten en basisbedragen bepaald met behulp van een gestileerd kasstroommodel; dit model is te raadplegen via de ECN-website¹.

De SDE+-regeling vergoedt het verschil tussen de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en groen gas enerzijds en de marktprijs van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas anderzijds. De productiekosten in deze zijn de meerkosten van de zogenoemde referentie-installatie om te komen tot productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas ten opzichte van de alternatieve aanwending van de hernieuwbare-energiebron. Vooral bij systemen waar de biomassa afkomstig is van afvalstromen of restproducten, kan de definitie van 'meerkosten', ofwel de systeemgrens, grote invloed hebben op de berekende biomassakosten. Gerekend wordt met de meerkosten om deze stromen of producten in te zetten voor productie van hernieuwbare elektriciteit of groen gas. Voor biomassakosten wordt uitgegaan van de prijzen die betaald moeten worden om de biomassa bij de installatie geleverd te krijgen. Om de meerkosten te bepalen wordt gerekend met het verschil tussen bovengenoemde biomassaprijzen en de prijzen voor biomassa, als deze biomassa niet gebruikt zou worden voor productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas. Alle genoemde prijzen in dit rapport zijn exclusief BTW.

Voor hernieuwbare-warmtecategorieën worden de kosten beschouwd die met de productie van hernieuwbare warmte samenhangen. De kosten voor een eventuele warmtetransportleiding worden in de investeringskosten van het project meegenomen. Warmte-infrastructuur aan de vraagzijde, zoals een warmtenet, hoort niet bij de subsidiabele kosten. De warmteproductie die in dit advies wordt beschouwd heeft betrekking op de warmtedoorvoer direct na het hek van de installatie, maar vóór de warmtetransportleiding. Dit laat onverlet dat ook bij intern gebruik van duurzame energie, een SDE+-vergoeding eventueel ontvangen kan worden, zolang het gebruik niet voor het productieproces zelf bestemd is.

Voor de financiële randvoorwaarden is ECN en DNV KEMA door het Ministerie gevraagd om uit te gaan van een financieel totaalrendement van 7,8%. Uit dit financieel rendement dienen tevens de voorbereidingskosten gedekt te worden. De voorbereidingskosten worden niet meegenomen in het totale investeringsbedrag. Indien in afgelopen jaar de EIA- of groenregeling op een categorie generiek van toepassing was, dienen ECN en DNV KEMA het voordeel mee te nemen in het eindadvies. Bij de groenregeling wordt uitgegaan van een rentevoordeel van 1%.

¹ <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/hernieuwbare-energie/projecten/sde>.

Voor alle biomassacategorieën wordt uitgegaan van een subsidieduur van 12 jaar, voor de overige categorieën van 15 jaar. De duur van de lening en de afschrijvingstermijnen zijn gelijk verondersteld aan de subsidieduur. Bij technieken als waterkracht en geothermie, waarbij sommige componenten in de praktijk een veel langere levensduur hebben dan 15 jaar, is in de investeringskosten een correctie aangebracht voor de restwaarde van de componenten na 15 jaar. Bij projectfinanciering kan een geldverstrekker in de praktijk wensen dat de lening in een kortere periode, bijvoorbeeld 11 of 14 jaar, wordt afgelost. Hierdoor verkrijgt de geldverstrekker meer zekerheid dat de lening ook geheel kan worden afgelost. Het financiële totaalrendement van 7,8% wordt echter beschouwd als billijke vergoeding voor het totale risico van het project. Hoe risico's en rendementen worden verdeeld tussen geldverstrekker en projectontwikkelaar, is bij de gegeven onderzoeksuitgangspunten niet van invloed op de geadviseerde basisbedragen.

4

Toelichting premiestructuur

SDE+: Basisbedragen en correctiebedragen

De regeling SDE+ is een regeling met een variabele feed-inpremie. Het is een exploitatievergoeding, waarbij de vergoeding in beginsel uitgekeerd wordt over alle hernieuwbare energie die wordt ingevoerd (vandaar 'feed in') op een net. De uit te keren premie is het verschil tussen een *basisbedrag* en een *correctiebedrag*. Het basisbedrag komt overeen met de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas. Het correctiebedrag wordt vastgesteld op basis van de werkelijke inkomsten. Iedere categorie kent eigen basis- en correctiebedragen. De basisbedragen staan vast gedurende de looptijd van de SDE+-beschikking. De correctiebedragen worden ieder jaar herberekend aan de hand van de actuele energieprijzen, terwijl het basisbedrag voor alle jaren in de looptijd van een project nominaal gelijk blijft.

Basisprijzen

De uit te keren feed-inpremie is gemaximeerd. De premie dekt in beginsel de gehele onrendabele top van een productie-installatie, basisbedrag minus correctiebedrag, tenzij de gas-, elektriciteits- of warmteprijs onder een bepaalde waarde zakt, onder de zogenoemde *basisprijs*. Deze waarde is in de SDE+-regeling vastgelegd op $2/3^e$ van de verwachte correctiebedragen, gebaseerd op de langetermijnontwikkeling van de energieprijzen. Zakt berekende prijs onder het niveau van de basisprijs, dan wordt automatisch de basisprijs genomen als correctiebedrag.

Basisprijspremie en transactiekosten

De SDE+-regeling vergoedt het verschil tussen de productiekosten en de marktprijs van elektriciteit, gas of warmte. Daarbij wordt verondersteld dat de geleverde hernieuwbare energie ook op de markt wordt verhandeld. De transactiekosten om contracten over de energielevering af te sluiten worden meegenomen in de basisbedragen. Deze bedragen 0,09 €/ct/kWh voor elektriciteit, voor warmte zijn ze daar equivalent aan verondersteld. Voor groen gas is gerekend met jaarlijkse kosten van € 15.000 voor aansluitingen op een regionaal gasnet tot € 350.000 voor aansluiting op het hogedruknet. Ook de kosten van het risico dat de correctiebedragen onder de basisprijzen dalen, zijn meegewogen in de basisbedragen. Hiertoe wordt een

basisprijspremie berekend, die gezien kan worden als een verzekeringspremie tegen lage energieprijzen. De basisprijspremie, variërend van 0 tot 0,25 €/kWh, verhoogt het basisbedrag.

Correctiebedragen, onbalans- en profielfactor

Voor enkele categorieën, zoals windenergie en zon-PV, worden de correctiebedragen gecorrigeerd met een onbalansfactor of een profielfactor. Deze factoren zijn geen onderdeel van dit advies en worden in dit rapport dan ook niet behandeld. Ook de correctiebedragen zelf zijn geen onderdeel van dit advies, toch is hieronder ter verduidelijking de berekeningswijze nader toegelicht.

Berekeningswijze correctiebedragen

De correctiebedragen voor de verschillende categorieën binnen de SDE+ zijn gebaseerd op verschillende marktindices. Het gaat hierbij om de aardgasprijs en de elektriciteitsprijzen voor basislast en pieklast en afgeleiden hiervan. Voor de warmte- en WKK-opties bepaalt de prijs van warmte (mede) het correctiebedrag. De prijzen voor warmte zijn afgeleid van de aardgasprijs en er wordt een onderscheid gemaakt naar de referentiesituatie: gasketel of WKK. Voor warmtelevering door middel van een hub, diepe geothermie (warmte) en warmtebenutting bij bestaande installaties wordt WKK als referentie beschouwd (Hernieuwbare warmte - 1 in Tabel 4). De waarde van warmte is voor deze categorieën gesteld op 70% van de aardgasprijs. Voor de overige categorieën voor warmtelevering is een gasketel met 90% rendement als referentie gekozen (Hernieuwbare warmte - 2 in Tabel 4). Energiebelasting (EB) wordt meegerekend in overeenstemming met de omvang van het referentieproject.

Het correctiebedrag wordt uitgerekend door toepassing van onderstaande vergelijking:

$$\text{Correctiebedrag} = \text{Prijnsindex} \times \text{Factor}$$

In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de verschillende berekeningsvarianten, die van toepassing zijn voor de verschillende categorieën.

Tabel 4: Berekeningswijze correctiebedragen

	Warmte-referentie	Eenheid	Prijsindex	Factor
Hernieuwbare Warmte - 1	WKK	[€/GJ]	0,7*(aardgasprijs+EB)	
Hernieuwbare Warmte - 2	Gasketel	[€/GJ]	aardgasprijs(+ EB)/0,9	
WKK	WKK	[€/GJ]	samengesteld†	
Groen gas	-	[€/Nm ³]	aardgasprijs	
Hernieuwbare elektr. - Wind	-	[€/kWh]	Elek. - basislast	Onbalansfactor* windfactor
Hernieuwbare elektr. – Zon-PV		[€/kWh]	Elek. - pieklast	Onbalansfactor
Hernieuwbare elektr. – overig	-	[€/kWh]	Elek. - basislast	

†De prijsindex voor WKK is als volgt samengesteld: $Index_{WKK} = \frac{0,7(aardgasprijs+EB)^{W/K} + EL.prijs_{basislast}}{1+W/K}$,

waarbij alle prijzen uitgedrukt zijn in [€/GJ].

Vollasturen WKK

Voor categorieën met productie-installaties voor gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte wordt onderscheid gemaakt in het warmtevermogen en het elektriciteitsvermogen van een installatie. Daaraan gerelateerd wordt ook onderscheid gemaakt tussen het aantal vollasturen voor warmteproductie en het aantal vollasturen voor elektriciteitsproductie. Om producenten de flexibiliteit te geven om de verhouding tussen warmte en elektriciteitsproductie te variëren, krijgen installaties een beschikking op basis van het totale vermogen (nominale vermogen elektriciteit plus nominale vermogen warmte). Deze nominale vermogens hoeven niet gelijktijdig realiseerbaar te zijn.

Bij het totale vermogen van een installatie hoort één maximum aantal vollasturen waarover jaarlijks subsidie wordt uitgekeerd. Dit maximum aantal vollasturen is een samengesteld aantal vollasturen voor elektriciteit en warmte, gewogen naar de warmtekrachtverhouding van de referentie-installatie. Het gaat daarbij om de gemiddelde warmtekrachtverhouding van de referentie-installatie tijdens productie. Het maximum aantal vollasturen voor gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte, waarbij geen elektriciteitsderving optreedt bij warmte-uitkoppeling, wordt als volgt berekend:

$$\text{Vollasturen voor gecombineerde opwekking} = \frac{\frac{\text{thermisch vermogen}_{\text{referentie}} \times \text{vollasturen warmte}_{\text{referentie}}}{\text{thermisch vermogen}_{\text{referentie}}} + \frac{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}} \times \text{vollasturen elektriciteit}_{\text{referentie}}}{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}}}}{\frac{\text{thermisch vermogen}_{\text{referentie}}}{\text{thermisch vermogen}_{\text{referentie}}} + \frac{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}}}{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}}}}$$

Bij installaties die gebruik maken van een aftapcondensatieturbine² kan de warmtekrachtverhouding tijdens productie afwijken van de warmtekrachtverhouding

² Bij installaties die gebruik maken van een tegendrukturbine ligt de warmtekrachtverhouding op basis van de elektrische en thermische vermogens van de installatie vast. Bij deze installaties neemt het elektrische vermogen evenredig toe met de warmteproductie. Dit heeft tot gevolg dat beide vermogens gelijktijdig benut kunnen worden. Het maximum aantal vollasturen voor installaties met een tegendrukturbine is gelijk voor zowel elektriciteit als warmte.

op basis van de elektrische en thermische vermogens van de installatie. Bij warmteproductie daalt bij deze installaties het elektrisch vermogen. Er is dan sprake van elektriciteitsderving. Dit heeft tot gevolg dat beide vermogens niet gelijktijdig benut kunnen worden. Het maximum aantal vollasturen voor installaties voor gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte die gebruik maken van een aftapcondensatieturbine wordt als volgt berekend:

Vollasturen voor
gecombineerde =
opwekking

$$\frac{\text{thermisch nominaal vermogen referentie} \times \text{vollasturen warmte referentie} + \text{elektrisch vermogen referentie bij volledige warmteproductie} \times \text{vollasturen warmte referentie} + \text{max. elektrisch vermogen referentie} \times \left(\frac{\text{vollasturen elektriciteit referentie} - \text{vollasturen warmte referentie}}{\text{referentie}} \right)}{\text{thermisch nominaal vermogen referentie} + \text{elektrisch nominaal vermogen referentie}}$$

Een weging naar warmtekrachtverhouding zoals hierboven beschreven wordt ook toegepast bij het bepalen van de basisprijs en de correctiebedragen behorend bij de SDE+-regeling.

5

Prijzen voor elektriciteit en biomassa

5.1 Elektriciteitsprijzen

De basisbedragen zijn een maat voor de productiekosten van hernieuwbare-energieopties. 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. Hierbij denken men aan groengasinstallaties, die elektriciteit gebruiken. Het gemiddelde elektriciteitstarief gedurende de levensduur wordt op basis van langjarige ramingen uit de Referentieraming energie en emissies, actualisatie 2012 (Verdonk en Wetzels, 2012) verondersteld op 16 €/ct/kWh bij een vraag tot 50 MWh/jaar en 10 €/ct/kWh bij een elektriciteitsvraag hoger dan 50 MWh/jaar.

5.2 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.

5.2.1 Vaste biomassa: snoei- en dunningshout

Snoei- en dunningshout is de referentiebrandstof voor nieuwe installaties voor thermische conversie van vaste biomassa. Dit is ongewijzigd ten opzichte van het advies voor de SDE+ 2012. De biomassa bestaat uit vershout (chips) afkomstig uit bossen, landschappen en plantsoenen. De energie-inhoud van vers hout ligt in de orde van 7

GJ/ton. Installaties zullen veel hout echter 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 of 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 destijds bepaald is voor knip- en snoeihout van toepassing (Lensink *et al.*, 2010). Voor de categorie snoei- en dunningshout wordt een risico-opslag van 1 €/ton verondersteld.

Over de mogelijkheden voor nieuwe projecten om op B-hout te draaien en de gevolgen daarvan voor de houtmarkt, is geen eenduidig signaal uit de marktconsultatie gekomen. In voorgaande jaren (tot en met 2010) was B-hout de referentiebrandstof voor thermische conversie van biomassa. Ten gevolge van de rekentechnische overschakeling van B-hout naar een nieuwe referentiebrandstof, is het basisbedrag gestegen ten opzichte van de basisbedragen van 2010. Het toelaten van installaties op B-hout tot categorieën³ waarvoor ECN en DNV KEMA een andere referentie-brandstof gehanteerd hebben, leidt in beginsel tot oversubsidiëring van die installaties.

5.2.2 Vloeibare biomassa

De prijs van plantaardige oliën laat nog steeds een oplopende tendens zien. De prijsbewegingen van deze oliën kunnen als leidend beschouwd worden voor de prijsbewegingen voor de referentiebrandstof van dierlijk vet. Voor 2013 wordt een gemiddelde prijs verwacht van 656 €/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.

5.2.3 Vergisting: biomassa voor allesvergisters

In de categorie van allesvergisting wordt een installatie beschouwd die reststromen gebruikt uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie of uit de biobrandstofproductie. Als referentiebrandstof wordt uitgegaan van reststoffen uit de voedings- en genotsmiddelen industrie, waar het prijsniveau bepaald wordt door veevoedermarkten. De referentieprij voor de SDE+ 2013 is gelijk verondersteld aan de prijs voor de SDE+ 2012 van 25 €/ton bij een biogasproductie van 3,4 GJ/ton.

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

³ Deze categorieën zijn: thermische conversie van biomassa (<10 MW en >10 MW), vergassing van biomassa en ketels op vaste biomassa.

5.2.4 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 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 maïs. Zie voor de illustratie van de prijschommeling Figuur 1.

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



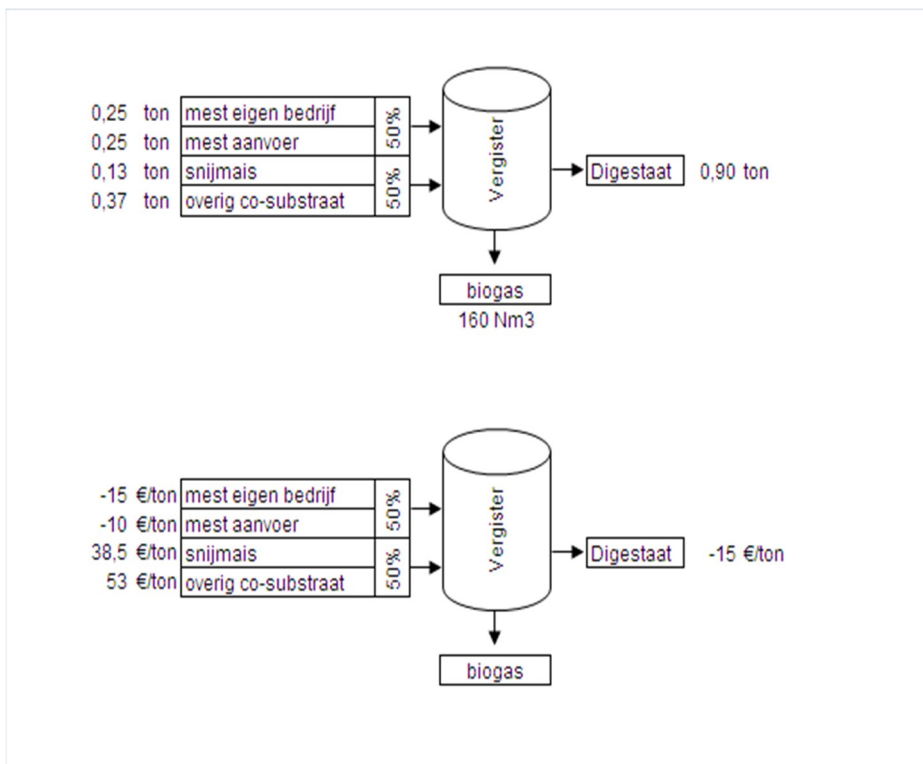
Om te voorkomen dat jaarlijkse schommelingen grote invloed krijgen op de berekende basisbedragen, is uit de marktconsultatie van 2010 naar voren gekomen dat een langjarig gemiddelde als uitgangspunt wenselijker is. Om te corrigeren voor

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.

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: Stromen en prijzen voor vergistingsinputs en -outputs⁴



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

⁴ 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 energieinhoud 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.

GJ/ton. De gasopbrengst van de totale input, mest en cosubstraat 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 5 voor een overzicht van de gehanteerde prijzen voor de referentiebrandstoffen.

Tabel 5: Gehanteerde biomassaprijzen voor installaties die SDE+ in 2013 aanvragen

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprijs
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
Vloeibare biomassa			
Dierlijk vet	39	656 (600-700)	16,8
Vaste biomassa			
Snoei- en dunningshout	9	48 (38-58)	5,3
Vergisting*			
Allesvergistingsinput	3,4	25	7,4
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	<i>0,63</i>	<i>-10 (-20 tot 0)</i>	<i>-16</i>
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	<i>0,63</i>	<i>-15 (-30 tot -5)</i>	<i>-24</i>
<i>Maïs</i>	<i>3,8</i>	<i>38,5 (25-45)</i>	<i>10,1</i>
<i>Overig cosubstraat</i>	<i>6,9</i>	<i>53 (23 tot 200)</i>	<i>7,65</i>
Covergistingsinput	3,4	32 (14-32)	9,4

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

6

Technisch-economische parameters

In opeenvolgende paragrafen worden de onderliggende parameters om te komen tot de basisbedragen per techniek voorgesteld. Omwille van 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, ketel met vaste biomassa, ketel met vloeibare biomassa, bestaande installaties, waterkracht, windenergie, diepe geothermie, zonthermie en indicatieve berekeningen voor duurdere opties.

6.1 Vergisting van biomassa

6.1.1 Biogashubs

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.

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 ontwaterd 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 berekening⁵.
- 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 de geraamde diameter van 110 mm bedragen ca. 75.000 €/km. Dit is een stijging ten opzichte van het conceptadvies van 15.000 €/km vanwege extra kosten die bij bijvoorbeeld infrastructuurkruisingen gemaakt worden.

Beschrijving referentie-WKK-hub

De technisch-economische parameters voor de referentie WKK-hub, inclusief biogasleiding zijn weergegeven in Tabel 6. 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.

⁵ 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 6: Technisch-economische parameters WKK-hub

Parameter	Eenheid	Advies 2013
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
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	37
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0
Productiekosten	[€/GJ]	5,6

Beschrijving referentie-warmtehub

De technisch-economische parameters voor de referentie-warmtehub, inclusief biogasleiding zijn weergegeven in Tabel 7. 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 7: Technisch-economische parameters warmtehub

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	12,7
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ _{output}]	0,80
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	120
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	1,7
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/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 stoken. 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 8. 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 8: Technisch-economische parameters groengashub

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Referentie grootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	2200
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	10
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,23
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	n.v.t.
Grondstofkosten	[€/ton]	0
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	0
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	2270
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	190
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 gaswassing 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 verhandelbaar is. Nadeel is echter dat deze technologie vrij nieuw is; er zijn nog geen bestaande installaties met gasnetinvoeding die zich al enkele jaren bewezen hebben. Hoewel er al wel ervaring is bij enkele zelfstandige installaties, is cryogene zuiveringstechniek niet beschouwd als referentietechniek.

6.1.2 AWZI/RWZI

Op verzoek van het Ministerie van EL&I hebben ECN en DNV KEMA speciale aandacht besteed aan de verschillende technische mogelijkheden bij waterzuiveringsinstallaties.

Concreet zijn er twee zaken onderzocht: productie van hernieuwbare energie bij vervanging van een bestaande gasmotor, en vergroting van de capaciteit door middel van thermische-drukhydrolyse. 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. Een zelfstandige installatie om waterzuiveringsgas volledig om te zetten in warmte is rendabel, zie ter vergelijking de doorrekening van een aansluiting op een warmtehub. Daarom worden de categorieën voor warmte en voor een WKK-hubaansluiting bij AWZI/RWZI niet doorgerekend.

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 stoken. 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 9 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van groen gas.

Tabel 9: Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Referentiegrrootte	[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]	-
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	-
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	22
Grondstofkosten	[€/ton]	-
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	-
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	7515
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	506
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9

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 10 en Tabel 11 staan de technisch-economische parameters van AWZI/RWZI voor respectievelijk ruw biogas en WKK.

Tabel 10: Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (ruw biogas). De kolom overig heeft betrekking op aansluiting op een WKK- of groengashub.

Parameter	Eenheid	Advies 2013 (warmte)	Advies 2013 (overig)
Referentiegrrootte	[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]	-	-
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	-	-
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	823	823
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	59	59
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-	-
Productiekosten ruw biogas	[€/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)	[€/Nm ³]		20,1

Tabel 11: Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
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
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	37
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	22
Brandstofprijs	[€/ton]	-
Brandstofprijsoslag	[€/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-drukhydrolysestap 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 WKK 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.

De technisch-economische parameters voor elektriciteitsproductie staan in Tabel 12.

Tabel 12: Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (elektriciteit uit WKK met voorgeschakelde thermische-drukhydrolyse)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
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
Totale variabele kosten	[€/kW _e]	800

6.1.3 Mestmonovergisting

Nederland beschikt over een grote mestvoorraad. Naast covergisting van mest voor de productie van groen gas, hernieuwbare warmte en WKK-toepassingen, is het ook 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. Dit jaar heeft het Ministerie van EL&I ECN en DNV KEMA verzocht om afzonderlijk over de productiekosten voor mestmonovergisting te adviseren.

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 stoken. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net.

Zie Tabel 13 en Tabel 14 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas respectievelijk groen gas.

Tabel 13: Technisch-economische parameters mestmonovergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2013 (warmte)	Advies 2013 (overig)
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
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	675	675
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	0,77	0,77
Grondstofkosten	[€/ton]	-	-
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	-	-
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	1175	1175
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	118	118
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-	-
Productiekosten ruw biogas	[€/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 14: Technisch-economische parameters mestmonovergisting (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Referentie grootte	[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
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	675
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	0,77
Grondstofkosten	[€/ton]	-
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	-
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	6950
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	380
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.

In Tabel 15 en Tabel 16 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor respectievelijk warmte en elektriciteit.

Tabel 15: Technisch-economische parameters mestmonovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Inputvermogen	$[\text{MW}_{th_input}]$	0,149
Vollasturen warmteafzet	$[\text{h/a}]$	7000
Interne warmtevraag	$[\% \text{ biogas}]$	15
Interne elektriciteitsvraag	$[\text{kWh/GJ}_{output}]$	5,41
Elektriciteitsstarief	$[\text{€}/\text{kWh}]$	0,16
Investeringskosten	$[\text{€}/\text{kW}_{th_output}]$	2755
Vaste O&M-kosten	$[\text{€}/\text{kW}_{th_output}]$	154
Variabele O&M-kosten (warmte)	$[\text{€}/\text{GJ}]$	0
Energie-inhoud brandstof	$[\text{GJ}/\text{ton}]$	0,77
Brandstofprijs	$[\text{€}/\text{ton}]$	-
Brandstofprijsopslag	$[\text{€}/\text{ton}]$	-

Tabel 16: Technisch-economische parameters mestmonovergisting (elektriciteit)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Inputvermogen	$[\text{MW}_{th_input}]$	0,149
Elektrisch vermogen	$[\text{MW}_e]$	0,048
Thermisch outputvermogen	$[\text{MW}_{th_output}]$	0,031
Vollasturen elektriciteitsafzet	$[\text{h/a}]$	8000
Vollasturen warmteafzet	$[\text{h/a}]$	0
Maximaal elektrisch rendement	$[\%]$	32,0
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-
Investeringskosten	$[\text{€}/\text{kW}_{th_input}]$	2785
Vaste O&M-kosten	$[\text{€}/\text{kW}_{th_input}]$	200
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	$[\text{€}/\text{kWh}_e]$	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	$[\text{€}/\text{GJ}]$	0
Energie-inhoud brandstof	$[\text{GJ}/\text{ton}]$	0,77
Brandstofprijs	$[\text{€}/\text{ton}]$	-
Brandstofprijsopslag	$[\text{€}/\text{ton}]$	-

6.1.4 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

Op basis van de schaalgrootte van nieuwe initiatieven is een productiecapaciteit van nieuwe installaties 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. Schaaleffecten 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. Op grote 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 stoken. De restwarmte die bij gaswassing vrijkomt is voldoende voor het verwarmen van de vergister. De vereiste elektriciteit wordt ingekocht.

Aanvullende opmerkingen

Er wordt aangenomen dat invoeding van het geproduceerde groen gas op het lokale net van 8 bar mogelijk is. Zie Tabel 17 en Tabel 18 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas respectievelijk groen gas.

Tabel 17: Technisch-economische parameters mestcovergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2013 (warmte)	Advies 2013 (overig)
Referentiegrootte	[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
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	0,10
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	4500	4500
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	280	280
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	32	32
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	0,5	0,5
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	350	350
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	35	35
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 18: Technisch-economische parameters mestcovergisting (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Referentiegrootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	505
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	10
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,25
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	4500
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	280
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	32
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	0,5
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	3020
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	300
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9

Beschrijving referentie-installatie voor hernieuwbare warmte en WKK

Mestcovergistingsinstallaties blijken steeds groter te worden, waarbij veel nieuwe initiatieven tussen de 1 en 1,5 MW liggen met een trend naar grote projecten (>1,5 MW), waarbij mest niet alleen van het eigen bedrijf afkomstig is. Door de jaren heen is de samenstelling van het cosubstraat veranderd, waardoor de gasopbrengst per ton cosubstraat substantieel gestegen is naar ruim boven de 100 Nm³/ton van het mengsel van mest en cosubstraat. Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 1,1 MW_e. Een installatie met deze schaalgrootte blijft ruim onder de MER-grens en kan worden voorzien met mest van twee grote bedrijven. Het eerste jaar zal extra kosten kennen 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 de hernieuwbare-warmteoptie 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 gasmotorrendement 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 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 19 en Tabel 20 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor respectievelijk warmte en WKK.

Tabel 19: Technisch-economische parameters mestcovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
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
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th, output}]	57
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	32
Brandstofprijsoverlap	[€/ton]	0,5

Tabel 20: Technisch-economische parameters mestcovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
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
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	85
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
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0,5

6.1.5 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 21 en Tabel 22 voor de technisch-economische parameters van productie van ruw biogas respectievelijk groen gas bij allesvergisters.

Tabel 21: Technisch-economische parameters allesvergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2013 (warmte)	Advies 2013 (overig)
Referentiegrootte	[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
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	0,10
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	3900	3900
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	220	220
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	25	25
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	0	0
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	275	275
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	25	25
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 22: Technisch-economische parameters allesvergisting (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Referentiegrootte	[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
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	220
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	25
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	0
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	2400
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	240
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. Een typische spreiding in de installatiegrootte is 2 tot 7 MW_e, met een referentievermogen van 3 MW_e. De prijzen voor grondstoffen worden in eerste instantie bepaald door de veevoedermarkten, waar vrijwel alle grondstoffen een alternatief gebruik 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 23 en Tabel 24 staan de technisch-economische parameters van allesvergisting voor respectievelijk hernieuwbare warmte en WKK.

Tabel 23: Technisch-economische parameters allesvergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	8,1
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Interne warmtevraag	[% biogas]	5
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ _{output}]	5,41
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	586
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	32
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	25
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0

Tabel 24: Technisch-economische parameters allesvergisting (WKK)

		Advies 2013
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
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	78
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

6.2 Thermische conversie

Voor thermische conversie van biomassa, uitgezonderd vergassing ten behoeve van groengasproductie dat in paragraaf 6.11.2 wordt besproken, worden twee systeemgroottes onderscheiden, waarbij de grens op 10 MW_e ligt.

Thermische conversie <10 MW_e

Veel initiatieven tot 10 MW_e worden ontwikkeld voor lokaal beschikbare biomassastromen. Decentrale overheden spelen vaak een initiërende of faciliterende rol. 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 DeNOx. De investeringskosten liggen op 1550 €/kW_{th}. Deze kosten liggen hoger dan in het conceptadvies, omdat uit de marktconsultatie gebleken is dat de vergunningverleners in de meeste gevallen open opslag van biomassa niet toestaan. De meerinvestering voor een DeNOx 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}. In het advies van vorig jaar is uitgegaan van een aftapcondensatieturbine voor warmtelevering. 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.

Uitgangspunt van de referentie-installatie is dat deze gekoppeld is aan een groot bestaand stadverwarmingsnet, waarbij de geproduceerde warmte maximaal 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 25.

Tabel 25: Technisch-economische parameters thermische conversie van biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2013 (klein, <10 MWe)	Advies 2013 (groot, >10 MWe)
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	8,7	67
Elektrisch vermogen	[MW _e]	1,65	9,5
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
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	80	110
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
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	1	1

6.3 Ketel met vaste biomassa

De referentie-installatie voor deze categorie is een heetwaterketel met een verbrandingsrooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentiebrandstof. De gemiddelde schaalgrootte van nieuwe installaties ligt rond een capaciteit van 4 MW_{th} aan biomassa. 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. Geen kosten zijn meegenomen voor het distributiesysteem van een warmtenet. Civiele werken maken onderdeel 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. De toepassing van de warmte is deels industrieel en deels voor ruimteverwarming. Zie Tabel 26 voor de technisch-economische parameters.

Tabel 26: Technisch-economische parameters heetwaterketel op vaste biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	11,1
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	10
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	425
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	62
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9
Brandstofprijs	[€/ton]	45
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	1

6.4 Ketel 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 27 staan de parameters met betrekking op een ketel op vloeibare biomassa.

Tabel 27: Technisch-economische parameters nieuwe en bestaande ketels op vloeibare biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2013
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
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	39
Brandstofprijs	[€/ton]	656
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0

6.5 Bestaande installaties

6.5.1 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 rekenen voor zulke projecten de kostprijs van levering van hernieuwbare warmte uit. 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 gelijk aantrekkelijk te worden.

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 slechte 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 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 EL&I, hebben ECN en DNV KEMA ook de optie doorgerekend van warmtebenutting bij composteringsinstallaties.

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 bijvoorbeeld voor warmtewisselaars. Kosten voor de distributie van warmte of stoom zijn geen onderdeel van de berekening van de onrendabele top van de referentie-installatie. Als referentiegrootte is een uitkoppeling van 20 MW_{th} aangehouden, met 7000 vollasturen 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 28.

Tabel 28: Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande projecten

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Inputvermogen	[MW _{th,output}]	20
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4
Investeringskosten	[€/kW _{th,output}]	250
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th,output}]	3
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, zijn 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 in locatie. 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.

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)MEP 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), warmteleiding en bijkomende bouwkosten. 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 29.

Tabel 29: Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande agrarische vergisters

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Vermogen van warmteafzet	[MW _{th output}]	0,350
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000
Investeringskosten	[€/kW _{th output}]	240
Vaste O&M kosten	[€/kW _{th output} /a]	55
Variabele O&M kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsopslag	[€/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 processen van compostering 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. Naar aanleiding van de consultatiereacties is de investering per uitgekoppeld warmtevermogen verhoogd van 338 naar 450 €/kW_{th}. Voor deze en overige parameters zie Tabel 30. De resulterende productiekosten bedragen 4,4 €/GJ. De basiswarmteprijs voor kleine systemen, gebaseerd op een gasketel, bedroeg in 2012 ca. 6 €/GJ. Daarmee is warmtebenutting bij compostering in de meeste gevallen rendabel.

Tabel 30: Technisch-economische parameters warmtebenutting bij compostering (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Installatiegrootte	[MW _{th output}]	2
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Investeringskosten	[€/kW _{th output}]	450
Vaste O&M kosten	[€/kW _{th output} /a]	45
Variabele O&M kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0

6.5.2 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 31: Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2013	
		Allesvergisting	Mestcovergisting
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
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/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
Brandstofprijsofslag	[€/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 32 staan de technisch-economische parameters van productie ten behoeve van een groengas- of warmtehub gebaseerd op bestaande alles- en mestcovergisters.

Tabel 32: Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2013	Advies 2013	Advies 2013	Advies 2013
		Allesvergisting (warmte)	Allesvergisting (groen gas)	Mestco-vergisting (warmte)	Mestco-vergisting (groen gas)
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
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	290	290	290	290
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	3,4	3,4	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	25	25	32	32
Grondstofprijso slag	[€/ton]	0	0	0,5	0,5
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	385	385	385	385
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	38	38	38	38
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

6.5.3 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 van Tabel 33 zijn gebaseerd op enkele projecten waarvan de MEP-beschikking binnenkort afloopt of reeds is afgelopen. Voor de brandstofprijs is aansluiting gezocht bij de brandstofprijs voor nieuwe projecten (zie hoofdstuk 5). Voor de verlengde levensduur worden geen renovatiekosten meegenomen in de berekening en geen andere investeringskosten. 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 per se te worden afgesloten, waardoor een brandstofprijsoverlapping 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 33: Technisch-economische parameters verlengde levensduur verbranding

Parameter	Eenheid	Advies 2013
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
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh _e]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9
Brandstofprijs	[€/ton]	45
Brandstofprijsoverlapping	[€/ton]	0

6.6 Waterkracht

Het verval van rivieren in de Nederlandse delta is gering. Bestaande kunstwerken in rivieren zijn geschikt om valhoogte te creëren die benut kan worden in waterkrachtcentrales. In de praktijk varieert de valhoogte doorgaans van 3 tot 6 meter, maar de hoogte kan oplopen tot 11 meter in uitzonderlijke situaties. Voor kleinschalige waterkracht is de referentie-installatie bepaald op een valhoogte van minder dan vijf meter.. 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.

De referentie-installatie voor deze waterkrachtcategorie is onveranderd ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2012 (Lensink *et al.* 2011). De technisch-economisch parameters van de referentie-installatie voor waterkracht is samengevat in Tabel 34.

Tabel 34: Technisch-economische parameters waterkracht met valhoogte kleiner dan 5 meter

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Installatiegrootte	[MW]	0,5
Investeringskosten	[€/kW _e]	5900
Vollasturen	[h/a]	7000
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	210
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0

Waterkracht in bestaande waterstaatkundige voorzieningen

Op verzoek van het ministerie van EL&I hebben ECN en DNV KEMA de kosten onderzocht van productie van hernieuwbare elektriciteit uit een bestaande waterkrachtinstallatie, waarbij aanpassingen worden gedaan om de vissterfte bij deze installaties terug te dringen.

Voor de categorie waterkracht – visvriendelijke renovatie is een referentie-installatie gedefinieerd waarvan de bestaande turbines vervangen worden door visvriendelijke turbines. Het is zeer waarschijnlijk dat bij een dergelijke renovatie (een deel van) de elektrische infrastructuur zoals de generator, transformatoren en bediening ook moeten worden aangepast. Er wordt aangenomen dat de benodigde aanpassingen aan de kunstwerken (de civiele werken) nihil zijn. In Tabel 35 zijn de technisch-economische parameters voor de categorie waterkracht – visvriendelijke renovatie opgenomen.

Tabel 35: Technisch-economische parameters visvriendelijke renovatie van waterkracht

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Installatiegrootte	[MW]	1,0
Investeringskosten	[€/kW _e]	1600
Vollasturen	[h/a]	4300
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	80
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0

6.7 Windenergie

Om uitvoering te kunnen geven aan de moties Van der Werf (Kamerstuk 33 000 XIII, nr. 68) en Van Tongeren (Kamerstukken 29023, nr. 128), heeft het ministerie van EL&I voor de SDE+ 2013 advies gevraagd over de invulling van de volgende categorieën voor windenergie:

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 6.11.3)

Om tot de basisbedragen voor de categorieën voor windenergie op land te komen, worden verschillende windturbines met bijbehorende investeringen gebruikt. De prijzen van windturbines voor levering in Nederland laten een daling van 5 à 10% zien ten opzichte van het prijsniveau van vorig jaar. Dit is in lijn met internationale ontwikkelingen (NREL, 2012).

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. Naar aanleiding van de marktconsultatie is deze waarde met 2 procentpunt verhoogd tot 29% van de turbinekosten.

De variabele kosten bestaan uit garantie- en onderhoudscontracten en worden geraamd op ongeveer 1 €ct/kWh, waar bovenop inflatie van 2%/jaar wordt gerekend. Daarbij komen de grondkosten, die geraamd zijn op 0,53 €ct/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.

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. Er 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. 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.⁶ Het gekozen basisbedrag is in combinatie met de 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 €ct/kWh door het grotere aantal vollasturen. Voor de categorie Wind in Meer is gerekend met variabele O&M kosten van 1,7 €ct/kWh. Ook hier is rekening gehouden met een afdracht voor plaatsing in het water van 0,53 €ct/kWh.

Tijdens de marktconsultatie zijn signalen ontvangen dat windprojecten steeds vaker met bijkomende kosten geconfronteerd worden die ECN en DNV KEMA niet laten meewegen in de berekening van de productiekosten. Hier valt te denken aan (niet bij

⁶ 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. Zo wijkt de definitie van 'windrijk' die ECN en DNV KEMA in dit rapport hanteren af van de definitie van 'windrijk' die in het advies voor de SDE+ 2012 (Lensink en Faasen, 2012) gebruikt is.

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. De genoemde 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.

De technisch-economische parameters staan in Tabel 36, de resulterende basisbedragen staan in Tabel 37.

Tabel 36: Technisch-economische parameters windenergie

Parameter	Eenheid	Advies 2013 (uiterst windrijck)	Advies 2013 (zeer windrijck)	Advies 2013 (windrijck)	Advies 2013 (weinig windrijck)	Advies 2013 (turbines > 6 MW)	Advies 2013 (wind in meer)
Installatiegrootte	[MW]	15	15	15	15	60	150
Investeringskosten	[€/kW _e]	1350	1350	1350	1325	1820	2500
Vollasturen	[h/a]	3300	2800	2400	2200	3000	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 37: 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 windrijck	3300	7,0
Wind op Land, zeer windrijck	2800	8,0
Wind op Land, windrijck	2400	9,0
Wind op Land, weinig windrijck	2200	9,5
Wind op Land ≥ 6 MW	3000	9,3
Wind in Meer	3200	12,2

Voor wind op land ≥ 6 MW correspondeert 3000 vollasturen met een uiterst windrijke omgeving. Een basisbedrag van 9,0 €/kWh kan bij zulke turbines bereikt worden bij 3130 vollasturen. Bij een basisbedrag van 8,0 €/kWh horen 3600 vollasturen. Een SDE+-beschikking van 8,0 €/kWh en maximering op 3600 vollasturen leidt naar inzicht van ECN en DNV KEMA niet tot overstimulering, ofschoon 3600 vollasturen niet meer realistisch is bij het gemiddelde Nederlandse windaanbod. Voor wind in meer (en wind op zee) zijn basisbedragen van 11 €/kWh of lager sowieso niet realistisch.

6.8 Diepe geothermie

Geothermische warmte

De referentie-installatie is aangepast aan recente ervaringen bij de realisatie van geothermische projecten. Op grond van deze observatie en verklaringen van de beheerders van de bronnen zijn, in vergelijking met het conceptadvies, zowel het debiet als de COP⁷ naar beneden bijgesteld naar respectievelijk 138 m³/u en 12,5. De daling van de COP houdt verband met een door de beheerders realistisch geachte oplossingsrichting: het bijplaatsen van een extra pomp voor de injectie van het formatiewater.

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 meter diepte. Bij een gradiënt van 30°C per km wordt een brontemperatuur van ongeveer 80°C gerealiseerd. De geothermische bron bestaat uit een doublet (een productie- en een injectieput) met een debiet van 138 m³/uur en een vermogen van 6,2 MW_{th}. Hierbij wordt een warmtebenutting, die overeenkomt met een ΔT van 40 °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.

De investeringskosten van het doublet en de bovengrondse installatie zijn 9,4 miljoen euro, wat overeenkomt met 1520 €/kW_{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 de bijvangst van koolwaterstoffen en het afvangen ervan. De overige kosten, onder andere voor de bovengrondse installatie en pomp(en), maar ook de premie voor de garantieregeling, bedragen 2,7 miljoen euro.

In tegenstelling tot het conceptadvies wordt een termijn van 15 jaar gehanteerd voor de te verstrekken lening en de afschrijvingen. Dit sluit beter aan bij de referentie-installatie die warmte levert aan de glastuinbouw. 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 €/kW_{th}, en is als zodanig in de investeringskosten verrekend.

De vaste O&M-kosten bedragen 2% van de investeringskosten, dit komt overeen met 30 €/kW_{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 €/GJ_{warmte}. De technisch-economische parameters van geothermische warmte zijn samengevat in Tabel 38.

⁷ De Coefficient of Performance (COP) geeft de verhouding weer tussen de geproduceerde geothermische energie en de benodigde pompenergie. Een COP van 20 wordt onder Nederlandse geologische condities als redelijkerwijs haalbaar beschouwd.

In vergelijking met het eindadvies SDE+ 2012 (Lensink *et al.*, 2011) leiden de in het huidige advies voorgestelde aanpassingen aan de technisch-economische parameters voor geothermische warmte tot een stijging van het basisbedrag. Deze stijging is geheel toe te schrijven aan de bijstelling van het maximaal aantal vollasturen van 7000 naar 5500. De maximale subsidie per project neemt niet toe door deze aanpassing.

Tabel 38: Technisch-economische parameters diepe geothermie (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	6,2
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	5500
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	1420
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	30
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	2,2
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0

Geothermische warmtekracht

De installatie voor geothermische warmtekracht is een variant op de referentie-installatie in (Lako *et al.*, 2011), gebaseerd op een doublet en een diepte van de hydrothermale bron van 4000 m. De referentie-installatie in (Lako *et al.*, 2011) gaat uit van conservatieve aannames die leiden tot hoge kosten voor de geothermische warmte en elektriciteit (warmtekracht). In de hier gekozen variant zijn voor twee parameters gunstiger uitgangspunten gekozen, namelijk:

- Temperatuur 150°C in plaats van 130°C (35°C per km in plaats van 30°C per km).
- Debiet 200 m³/uur in plaats van 150 m³/uur.

De typering van de geothermische bron bij geothermische warmtekracht is daarbij te typeren uit uiterst gunstig en vormt in geen enkel opzicht een extrapolatie van de karakteristieken van de geothermische bron bij geringere boordieptes zoals voor geothermische-warmteprojecten is berekend.

Wijzigingen in deze parameters zijn doorgerekend in (Lako *et al.*, 2011). Hier worden gewijzigde parameters gecombineerd in een enkele variant, die als realistischer wordt beschouwd. Er wordt aangenomen dat de warmte wordt geleverd aan een afstandsverwarmingsnetwerk met een temperatuurniveau van 75°C en dat elektriciteit wordt opgewekt met een Organic Rankine Cycle (ORC). Het vermogen van de geothermische bron is hoger dan in Lako *et al.* (2011): 25,6 MW_{th} in plaats van 15,7 MW_{th}. Het netto elektrisch vermogen van de ORC wordt geschat op 1,9 MW_e, wat overeenkomt met een netto rendement van ruim 7%. Het aantal vollasturen voor elektriciteit is 5000 uur/jaar, excl. 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, die hierdoor dalen van 1140 €/kW_{th_input} (bronvermogen) naar 1100 €/kW_{th_input}. De O&M-kosten bedragen 2% van de investeringskosten vermeerderd met elektriciteitsverbruik van de pomp(en). De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 39.

Tabel 39: Technisch-economische parameters diepe geothermie (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2013
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
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	45
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh _e]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0

6.9 Zonthermie

Voor zonthermische toepassingen, zoals bereiding van warm tapwater en zo mogelijk ruimteverwarming (in combinatie met CV-systemen), bestaan diverse markten, zoals woningen, flatgebouwen, kantoorgebouwen en agrarische bedrijven. De benodigde temperatuur van het warme water is 65-80°C. De SDE+-categorie voor zonthermie betreft installaties met een collectoroppervlak van tenminste 100 m². Voor deze categorie wordt een grote zonneboilerinstallatie, zoals toegepast in de agrarische sector (kalvermesterij) als referentie gehanteerd. Voor de vermogensdichtheid van een zonneboilerinstallatie geldt een waarde van 0,7 kW_{th}/m². De totale jaarlijkse warmteproductie ten behoeve van nuttige warmtetoepassingen is afhankelijk van de dimensionering van het collectorsysteem ten opzichte van de warmtevraag. De aangenomen warmtelevering correspondeert met 700 vollasturen. De investeringskosten voor de referentie-installatie bedragen 700 per €/kW_{th}, de vaste O&M-kosten € 5,0 per kW_{th} en het elektriciteitsverbruik voor de pomp leidt tot variabele O&M-kosten van 1,6 €/GJ. De referentie-zonneboilerinstallatie heeft een collectoroppervlak van 143,5 m² en een vermogen van 100 kW_{th}. In Tabel 40 staan de technisch-economische parameters.

Tabel 40: Technisch-economische parameters zonthermisch

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	0,1
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	700
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	700
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	5,0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	1,6
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsoslag	[€/ton]	0

6.10 Zon-PV ≥ 15 kW_p

De referentie-installatie voor zon-PV is ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2012 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 eind 2014.

In 2011 heeft zich een enorme prijsdaling tot wel 40% bij zonnepanelen voorgedaan. Belangrijke aanjagers hiervan waren prijsdalingen van polysilicium, technologische vooruitgang maar voor een groot deel ook de overcapaciteit in productiefaciliteiten. Door de recente sterke prijsdalingen staan de marges van veel producenten onder druk, ook de marges van de grotere partijen. 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 in Nederland een prijsniveau van ongeveer 1300 €/kW_p. 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 1200 €/kW_p tegen het einde van 2014. Dit correspondeert met een basisbedrag dat net onder de 15,0 €ct/kWh ligt. De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 41.

Tabel 41: Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 15 kWp

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Installatiegrootte	[MW]	0,1
Investeringskosten	[€/kW _a]	1200
Vollasturen	[h/a]	1000
Vaste O&M-kosten	[€/kW _a /a]	-
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,017

6.11 Indicatieve berekeningen voor duurdere opties

6.11.1 Inleiding

In de onderzoeksopdracht vraagt het Ministerie van EL&I om een basisbedrag te adviseren voor diverse categorieën. Mocht daarbij uit de initiële analyse blijken dat het basisbedrag significant boven de 15 €/kWh uitkomt, dan kan het advies volstaan met deze melding op basis van een indicatief basisbedrag. Een gedetailleerde berekening is daarmee overbodig, omdat ECN en DNV KEMA enkel inzichtelijk hoeven te maken dat de opties toegelaten kunnen worden tot de vrije categorie van 15 €/kWh, zonder dat daarbij overstimulering zou ontstaan. In deze paragraaf worden alle categorieën behandeld, waarvoor dienovereenkomstig een indicatief basisbedrag is berekend.

6.11.2 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 gasreinigungssectie worden onzuiverheden uit het gas verwijderd. Tenslotte wordt het gas opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit (SNG) waarna het als groen gas in het aardgasnet ingevoed 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 42: Technisch-economische parameters vergassing van biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Referentie grootte	[Nm ³ _{biogas} /h]	790
Vollasturen	[h/a]	7500
Interne warmtevraag	[% biogas]	0
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm ³ _{biogas}]	0,20
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10
Energie-inhoud biomassa	[GJ _{biogas} /ton]	9
Grondstofkosten	[€/ton]	48
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	1
Investeringskosten	[€ per Nm ³ _{biogas} /h]	31400
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm ³ _{biogas} /h]	2688
Rendement gaszuivering	[% methaan]	100

6.11.3 Wind op zee

De referentie-installatie voor wind op zee is gekozen als een 300 MW windpark buiten de 12-mijlszone. Hiermee correspondeert de referentie-installatie in grote mate met de parken die vergunningen hebben ontvangen. De kostenindicatie is gebaseerd op de kostenramingen die voorafgaand aan de 950 MW-tender zijn gemaakt (Lensink *et al.*, 2009). De kosten van wind op zee zullen op termijn dalen, maar deze daling zal naar verwachting niet voor 2015 significant inzetten (Greenacre *et al.*, 2010). Daarmee blijven de productiekosten naar verwachting boven de 15 €/kWh liggen, zie Tabel 43.

Hoewel het corresponderende basisbedragen nu boven de 15 €/kWh uitkomt, adviseren ECN en DNV KEMA ook in komende jaren het prijsniveau van wind op zee te monitoren. Verschillende parken zijn in binnen- en buitenland in ontwikkeling en door de sterk toenemende ervaring in de wind-op-zeesector kunnen de kosten voor 2020 significant dalen.

Tabel 43: Technisch-economische parameters wind op zee

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Installatiegrootte	[MW]	300
Investeringskosten	[€/kW _e]	4000
Vollasturen	[h/a]	4000
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	150
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-

6.11.4 Energie uit vrije stroming

Voor dit advies is voornamelijk gekeken naar *inshore* vrijegetijdenstromingsenergie; hierbij gaat het om projecten die gerealiseerd worden in of nabij kunstwerken zoals zeekeringen of halfdoorlatende dammen en die gebruik maken van de aanwezige getijdenwerking. Sinds het advies in het kader van de SDE+ 2012 (Lensink *et al.*, 2011) zijn geen projecten in deze categorie gerealiseerd. De referentie-installatie is gebaseerd op een aantal projecten die volgens de sector op korte termijn in aanmerking komen voor realisatie en is daarmee onveranderd ten opzichte van het advies voor SDE+ 2012. Het gaat hier om pilotprojecten die volgens de sector met adequate productiesubsidie commercieel te exploiteren zijn. De technologie van vrijestromingsturbines staat aan het begin van commercialisatie; dit maakt dat investerings- en O&M-kosten relatief hoog uitvallen. Het is niet de verwachting dat projecten in de categorie 'Energie uit vrije stroming' rendabel gerealiseerd kunnen worden voor het maximale basisbedrag van 15 €/kWh.

Initiatieven binnen de categorie 'Energie uit water' zijn divers, qua technologie en toepassing. Naast *inshore* vrijegetijdenstromingsenergie vormt ook de inzet van vrijestromingsturbines in rivieren en kanalen bij sluizen een mogelijke toepassing binnen de categorie 'Energie uit water'. Ook voor deze toepassing geldt dat het maximale basisbedrag van 15 €/kWh ontoereikend is voor rendabele exploitatie. De technisch-economische parameters in Tabel 44 zijn gebaseerd op *inshore* vrijegetijdenstromingsenergie.

Tabel 44: Technisch-economische parameters energie uit vrije stroming

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Installatiegrootte	[MW]	1,5
Investeringskosten	[€/kW _e]	5100
Vollasturen	[h/a]	2800
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	155
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0

6.11.5 Osmose

Uit het potentiaalverschil tussen zoet en zout water kan energie (elektriciteit dan wel arbeid) worden opgewekt. Deze vorm van elektriciteitsopwekking, waaraan gerefereerd wordt met het begrip osmose-energie, wordt geanalyseerd in (Lako *et al.*, 2010). De onderstaande kosten zijn hierop gebaseerd. Er zijn twee varianten van osmose-energie die in het onderzoek- en ontwikkelingsstadium zijn:

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

Hoe groter de zoet/zoutgradiënt is, des te efficiënter zal een installatie werken.

Tegelijkertijd is het van belang dat het zeewater en het zoete water zo schoon mogelijk

zijn. Een bijzonderheid van osmose is dat de installatie een groot aantal uren per jaar in bedrijf kan zijn. Het aantal vollasturen kan zelfs 8000 uur per bedragen. Een hoge capaciteitsfactor is alleen haalbaar in het commerciële stadium.

Als referentie-installatie wordt een osmose-installatie van 1 MW_e gebruikt. ECN en DNV KEMA schatten de investeringskosten van een installatie van 10 MW_e in 2020 op € 7110/kW_e. Het is technisch en economisch echter niet haalbaar om nu een installatie van meer dan 1 MW_e te realiseren, omdat techniekontwikkeling stapsgewijs verloopt. Wanneer wordt gerekend met een schaalfactor overeenkomend met een vermogenscoëfficiënt van 0,8 tot 0,9, nemen de investeringskosten toe tot € 36000/kW_e. De overige aannames (onderhouds- en bedieningskosten en aantal vollasturen) is gelijk verondersteld aan die van de installatie van 10 MW_e. Door uit te gaan van het kostenniveau van een commerciële installatie van 10 MW_e wordt geprobeerd om project-specifieke innovatiekosten zo goed als mogelijk uit de totale investeringskosten te houden. In Tabel 45 staan de technisch-economische parameters.

Tabel 45: Technisch-economische parameters osmose

Parameter	Eenheid	Advies 2013
Installatiegrootte	[MW]	1
Investeringskosten	[€/kW _e]	36000
Vollasturen	[h/a]	8000
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	130
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0

7

Overzicht basisbedragen

Op basis van de technisch-economische parameters van de verschillende opties, zie hoofdstuk 6, zijn met behulp van kasstroommodellen de basisbedragen berekend. Deze modellen zijn te raadplegen op <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/hernieuwbare-energie/projecten/sde/sde-2013/>.

In Tabel 46 staat het overzicht van de basisbedragen in dit advies voor vergisting van biomassa. Uit de marktconsultatie bleek dat men de schaalvoordelen die ECN en DNV KEMA verwachtten bij hubtoepassingen onwaarschijnlijk achtte. Op grond van de ontvangen reacties zijn de kosten van de hubs over de hele linie verhoogd. Dit leidt ertoe dat – een enkele uitzondering daargelaten – de hubs hogere basisbedragen vergen dan een zelfstandige vergistingsinstallatie nodig heeft.

Tabel 46: Overzicht basisbedragen advies 2013 voor vergisting van biomassa

	Hub	Energie-product	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Allesvergisting (zelfstandig)	nee	<i>Warmte</i>	14,7	[€/GJ]	7000	-
	nee	<i>WKK</i>	26,0	[€/GJ]	8000 / 4000	5739
	nee	<i>Groen gas</i>	59,4	[€ct/Nm ³]	8000	-
Allesvergisting (hubtoepassing)	ja	<i>Warmte</i>	17,7	[€/GJ]	7000	-
	ja	<i>WKK</i>	29,1	[€/GJ]	8000 / 4000	5741
	ja	<i>Groen gas</i>	66,4	[€ct/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (zelfstandig)	nee	<i>Warmte</i>	20,6	[€/GJ]	7000	-
	nee	<i>WKK</i>	31,1	[€/GJ]	8000 / 4000	5732
	nee	<i>Groen gas</i>	74,0	[€ct/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (hubtoepassing)	ja	<i>Warmte</i>	21,9	[€/GJ]	7000	-
	ja	<i>WKK</i>	34,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5741
	ja	<i>Groen gas</i>	78,9	[€ct/Nm ³]	8000	-
Mestmonovergisting	nee	<i>Warmte</i>	23,1	[€/GJ]	7000	-

(zelfstandig)	nee	<i>Elektriciteit</i>	23,5	[€ct/kWh]	8000	-
	nee	<i>Groen gas</i>	84,0	[€ct/Nm ³]	8000	-
Mestmonovergisting (hubtoepassing)	ja	<i>Warmte</i>	25,2	[€/GJ]	7000	-
	ja	<i>WKK</i>	37,1	[€/GJ]	8000 / 4000	5741
	ja	<i>Groen gas</i>	83,6	[€ct/Nm ³]	8000	-
AWZI/RWZI (thermischedrukhydrolyse)	nee	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€ct/kWh]	8000	-
AWZI/RWZI (vervanging gasmotor)	nee	<i>WKK</i>	6,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5751
	nee	<i>Groen gas</i>	31,2	[€ct/Nm ³]	8000	-
	Ja	<i>Warmte</i>	2,4	[€/GJ]	7000	-
	ja	<i>Groen gas</i>	20,1	[€ct/Nm ³]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	nee	<i>WKK</i>	22,5	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
Allesvergisting (verlengde levensduur)	ja	<i>Groen gas</i>	56,7	[€ct/Nm ³]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	ja	<i>Warmte</i>	14,2	[€/GJ]	7000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	nee	<i>WKK</i>	26,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	ja	<i>Groen gas</i>	65,6	[€ct/Nm ³]	8000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	ja	<i>Warmte</i>	17,1	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	nee	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande mestcovergisting	nee	<i>Warmte</i>	8,2	[€/GJ]	4000	-
Warmtebenutting bij compostering	nee	<i>Warmte</i>	4,4	[€/GJ]	7000	-

* Notatie bij WKK-opties : vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing. Zie ook hoofdstuk 4.

De basisbedragen voor thermische conversie van biomassa staan in Tabel 47. Voor vergassing van biomassa is een grootschalige installatie beschouwd. Nieuwe projecten kunnen eerst een demonstratiekarakter hebben en daardoor duurder uitvallen. Het basisbedrag is daarentegen het representatieve kostenniveau bij grootschalige uitrol.

Tabel 47: Overzicht basisbedragen advies 2013 voor thermische conversie van biomassa

	Energie-product	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Vergassing	<i>Groen gas</i>	123,4	[€ct/N m 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>	21,7	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande AVI's	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande verbanding	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-

* Notatie bij WKK-opties : vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing Zie ook hoofdstuk 4.

De niet op biomassa gebaseerde technieken staan in Tabel 48.

Ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2012 is de referentie-installatie voor geothermische warmte beter toegespitst op warmtelevering in de glastuinbouw. Dit heeft geleid tot hogere basisbedragen tegen minder vollasturen, resulterend in een lagere absolute vergoeding.

Tabel 48: Overzicht basisbedragen advies 2013 voor overige opties

	Energie-product	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Bodemenergie en aardwarmte					
Diepe geothermie	<i>Warmte</i>	11,8	[€/GJ]	5500	-
Diepe geothermie	<i>WKK</i>	24,0	[€/GJ]	5000 / 4000	4158
Windenergie					
Wind op land, uiterst windrijk	<i>Elektriciteit</i>	7,0	[€ct/k Wh]	3300	-
Wind op land, zeer windrijk	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€ct/k Wh]	2800	-
Wind op land, windrijk	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€ct/k Wh]	2400	-
Wind op land, weinig windrijk	<i>Elektriciteit</i>	9,5	[€ct/k Wh]	2200	-
Wind op Land ≥ 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	9,3	[€ct/k Wh]	3000	-
Wind op Land ≥ 6 MW (variant 1)	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€ct/k Wh]	3130	-
Wind op Land ≥ 6 MW (variant 2)	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€ct/k Wh]	3600	-
Wind in meer	<i>Elektriciteit</i>	12,2	[€ct/k]	3200	-

			Wh]		
Wind op zee	<i>Elektriciteit</i>	16,0	[€ct/k Wh]	4000	-
Energie uit water					
Laag verval (<5 m)	<i>Elektriciteit</i>	11,8	[€ct/k Wh]	7000	-
Bestaande waterstaatkundige voorzieningen	<i>Elektriciteit</i>	6,2	[€ct/k Wh]	4300	-
Energie uit vrije stroming	<i>Elektriciteit</i>	25,5	[€ct/k Wh]	2800	-
Osmose	<i>Elektriciteit</i>	49,3	[€ct/k Wh]	8000	-
Zonne-energie					
Zon-PV (> 15 kW _p)	<i>Elektriciteit</i>	14,8	[€ct/k Wh]	1000	-
Zonthermie	<i>Warmte</i>	33,3	[€/GJ]	700	-

* Notatie bij WKK-opties : vollasturen elektriciteit / vollasturen warmtelevering. Zie ook hoofdstuk 4.

Voor enkele categorieën liggen de berekende basisbedragen boven 15 €ct/kWh, de bovengrens in de SDE+. Voor deze opties, te weten wind op zee, energie uit vrije stroming, osmose en vergassing, zijn de basisbedragen gebaseerd op indicatieve berekeningen. De kostenontwikkelingen bij wind op zee zijn wel van dien aard, dat in komende jaren het betreffende basisbedrag alsnog onder de 15 €ct/kWh uit kan gaan komen.

De basisbedragen die in dit rapport genoemd staan, hebben betrekking op een representatieve installatie. In de praktijk zullen er situaties zijn waar de kosten hoger of lager uitvallen door lokale omstandigheden.

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
EEG	<i>Erneurbare-Energien-Gesetz</i>
EIA	Energieinvesteringsaftrek
EL&I	Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
ETS	<i>Emissions Trading System</i> , Emissiehandelssysteem
GvO	Garanties van oorsprong
IEA	Internationaal energieagentschap
IRE	Investeringsregeling in energiebesparing
LEI	Landbouw Economische Instituut
MEI	Marktintroductie energieinnovaties
MEP	Milieukwaliteit elektriciteitsproductie
MER	Milieueffectrapportage
MIA	Milieu-investeringsaftrek
NWEA	Nederland Wind Energie Associatie
O&M	<i>Operation&Maintenance</i> , Onderhoud&Beheer
ORC	Organische Rankine cyclus
OT	Onrendabele top
PS	Processtoom
SDE	Stimuleringsregeling duurzame energieproductie
SNG	<i>Substitute Natural Gas of Synthetic Natural Gas</i>
VLU	Vollasturen
WKK	Warmtekrachtkoppeling

Referenties

- Greenacre, P., R. Gross en P. Heptonstall (2010): Great Expectations: The cost of offshore wind in UK waters - understanding the past and project the future, UKERC, Londen, september 2010.
- Lako, P., S.L. Luxembourg, B. in 't Groen (2011): Geothermische energie en de SDE, ECN-E--11-022, Petten, april 2011.
- Lako, P., S.L. Luxembourg, L.W.M. Beurskens (2010): Karakteristieken van duurzame energie in relatie tot de Afsluitdijk, ECN-E--10-044, Petten, juni 2010.
- Lensink, S.M., J. van Stralen en A. Wakker (2009): Subsidie-aanvragen 950 MW tender (openbaar), ECN-BS--09-037, december 2009.
- Lensink, S.M., Wassenaar, J.A., Luxembourg, S.L., Faasen, C.J., Mozaffarian, M., Eindadvies basisbedragen 2011, ECN-E--10-082, Petten, september 2010
- Lensink, S.M., J.A. Wassenaar, M. Mozaffarian, S.L. Luxembourg en C.J. Faasen (2011): Basisbedragen in de SDE+ 2012, Eindadvies, ECN-E--11-054, Petten, september 2011.
- Mozaffarian, M., J.A. Wassenaar, S.M. Lensink (2011): Hernieuwbare warmte in de SDE-plusregeling. Mei 2011, ECN-E-11-035.
- Lensink, S.M., C.J. Faasen (2012): Basisbedrag wind op land voor windrijke locaties (2012), Januari 2012, ECN-N--12-003.
- Lensink S.M., J.A. Wassenaar (2012): Basisbedrag warmte-uitkoppeling bij bestaande mestcovergistingsinstallaties, Januari 2012, ECN-N--12-004.
- Lensink S.M., J.A. Wassenaar, M. Mozaffarian, S.L. Luxembourg, C.J. Faasen (2012a): Basisbedragen in de SDE+ 2013, conceptadvies, Mei 2012, ECN-E--12-007.
- Lensink S.M. *et al* (2012b): Consultatiedocument SDE+ 2013, *in voorbereiding*.
- NREL 2012, Recent Developments in Levelized Cost of Energy from U.S. Wind Power Projects, <http://eetd.lbl.gov/ea/ems/reports/wind-energy-costs-2-2012.pdf>
- RWS (2009), Programma Rijkswateren 2010-2015, December 2009, <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/notas/2009/12/22/programma-rijkswateren-2010-2015.html>

- Sambeek, E.J.W. van, H.J. de Vries, A.E. Pfeiffer en J.W. Cleijne (2004): Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties, Advies ten behoeve van de vaststelling van de MEP-subsidies voor de periode juli tot en met december 2006 en 2007, ECN-C--04-101, november 2004.
- Sambeek, E.J.W. van, T.J. de Lange, W.J.A. Ruijgrok en A.E. Pfeiffer (2002): Invulling van het wetsvoorstel MEP voor duurzame elektriciteit, Samenvattend overzicht van een mogelijke categorisatie en producentenvergoedingen, ECN-C--02-088, Petten, november 2002.
- Tilburg, X. van, H.M. Londo, M. Mozaffarian en E.A. Pfeiffer (2008a): Technisch-economische parameters van groengasproductie 2008-2009: Eindadvies basisbedragen voor de SDE-regeling, ECN-E--08-004, Amsterdam, januari 2008.
- UVW (2011): Green Deal tussen Rijksoverheid en Unie van Waterschappen. Beschikbaar via www.uvw.nl. Nieuwegein, oktober 2011.

Bijlage A. Additionele financiële instrumenten

In de berekening van de basisbedragen worden voordelen ten gevolge van de regelingen omtrent EIA en groenbeleggen in mindering gebracht op de basisbedragen, voor zover deze voordelen generiek van toepassing zijn op een categorie en voor zover de referentie-installatie voldoet aan de criteria voor de regeling. In de tabellen 49, 50 en 51 staat op welke wijze deze voordelen zijn meegewogen in de berekeningen.

Tabel 49: Overzicht additionele financiële instrumenten SDE+ 2013 voor vergisting van biomassa

	Hub	Energieproduct	EIA	Groenbeleggen
Allesvergisting (zelfstandig)	Nee	<i>Warmte</i>	Nee	Nee
	Nee	<i>WKK</i>	Ja, excl. vergister	Nee
	Nee	<i>Groen gas</i>	Ja, excl. vergister	Nee
Allesvergisting (hubtoepassing)	Ja	<i>Warmte</i>	Hub	Nee
	Ja	<i>WKK</i>	Hub	Nee
	Ja	<i>Groen gas</i>	Hub	Nee
Mestcovergisting (zelfstandig)	Nee	<i>Warmte</i>	Nee	Nee
	Nee	<i>WKK</i>	Ja, excl. vergister	Nee
	Nee	<i>Groen gas</i>	Ja, excl. vergister	Nee
Mestcovergisting (hubtoepassing)	Ja	<i>Warmte</i>	Hub	Nee
	Ja	<i>WKK</i>	Hub	Nee
	Ja	<i>Groen gas</i>	Hub	Nee
Mestmonovergisting (zelfstandig)	Nee	<i>Warmte</i>	Nee	Nee
	Nee	<i>Elektriciteit</i>	Nee	Nee
	Nee	<i>Groen gas</i>	Ja, excl. vergister	Nee
Mestmonovergisting (hubtoepassing)	Ja	<i>Warmte</i>	Hub	Nee
	Ja	<i>WKK</i>	Hub	Nee
	Ja	<i>Groen gas</i>	Hub	Nee
AWZI/RWZI (thermischedrukhydrolyse)	Nee	<i>Elektriciteit</i>	Nee	Nee
AWZI/RWZI (vervanging gasmotor)	Nee	<i>WKK</i>	Nee	Nee
	Nee	<i>Groen gas</i>	Ja, excl. vergister	Nee
	Ja	<i>Warmte</i>	Hub	Nee
	Ja	<i>Groen gas</i>	Hub	Nee
Allesvergisting (verlengde levensduur)	Nee	<i>WKK</i>	Nee	Nee
Allesvergisting (verlengde levensduur)	Ja	<i>Groen gas</i>	Hub	Nee

	Hub	Energieproduct	EIA	Groenbeleggen
Allesvergisting (verlengde levensduur)	Ja	<i>Warmte</i>	Hub	Nee
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	Nee	<i>WKK</i>	Nee	Nee
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	Ja	<i>Groen gas</i>	Hub	Nee
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	Ja	<i>Warmte</i>	Hub	Nee
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	Nee	<i>Warmte</i>	Ja	Nee
Warmtebenutting bestaande mestcovergisting	Nee	<i>Warmte</i>	Nee	Nee
Warmtebenutting bij compostering	Nee	<i>Warmte</i>	Ja	Nee

Tabel 50: Overzicht additionele financiële instrumenten SDE+ 2013 voor thermische conversie van biomassa

	Energieproduct	EIA	Groenbeleggen
Vergassing	<i>Groen gas</i>	Ja	Ja
Thermische conversie (<10 MW _e)	<i>WKK</i>	Nee	Nee
Thermische conversie (>10 MW _e)	<i>WKK</i>	Ja	Nee
Verbranding verlengde levensduur	<i>WKK</i>	Nee	Nee
Ketel op vaste biomassa	<i>Warmte</i>	Ja	Nee
Ketel op vloeibare biomassa	<i>Warmte</i>	Ja	Nee
Warmtebenutting bestaande AVI's	<i>Warmte</i>	Ja	Nee
Warmtebenutting bestaande verbranding	<i>Warmte</i>	Ja	Nee

Tabel 51: Overzicht additionele financiële instrumenten SDE+ 2013 voor overige opties

	Energieproduct	EIA	Groenbeleggen
Bodemenergie en aardwarmte			
Diepe geothermie	<i>Warmte</i>	Ja	Ja
Diepe geothermie	<i>WKK</i>	Ja	Ja
Windenergie			
Wind op land, uiterst windrijk	<i>Elektriciteit</i>	Tot 600 €/kW _e	Ja
Wind op land, zeer windrijk	<i>Elektriciteit</i>	Tot 600 €/kW _e	Ja
Wind op land, windrijk	<i>Elektriciteit</i>	Tot 600 €/kW _e	Ja
Wind op land, weinig windrijk	<i>Elektriciteit</i>	Tot 600 €/kW _e	Ja
Wind op Land ≥ 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	Tot 600 €/kW _e	Ja
Wind in meer	<i>Elektriciteit</i>	Tot 600 €/kW _e	Ja
Wind op zee	<i>Elektriciteit</i>	Tot 1000 €/kW _e	Ja
Energie uit water			
Laag verval (<5 m)	<i>Elektriciteit</i>	Ja	Ja
Bestaande waterstaatkundige voorzieningen	<i>Elektriciteit</i>	Ja	Ja
Energie uit vrije stroming	<i>Elektriciteit</i>	Ja	Ja
Osmose	<i>Elektriciteit</i>	Ja	Ja
Zonne-energie			
Zon-PV (> 15 kW _p)	<i>Elektriciteit</i>	Ja	Ja
Zonthermie	<i>Warmte</i>	Ja	Ja



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

