



Overzicht duurzame- energietechnieken en restwarmte- uitwisseling voor de industrie

>> Duurzaam, Agrarisch, Innovatief
en Internationaal ondernemen

Waarom en wanneer kan duurzame-energie-opwekking op uw bedrijf interessant zijn? En hoe zit dit met restwarmte-uitwisseling? Wat zijn de technische en financiële kengetallen van de verschillende duurzame-energietechnieken en van restwarmte-uitwisseling? Deze factsheet geeft antwoord op bovenstaande vragen en biedt u enkele handvatten om uw duurzame-energie- en/of restwarmteplannen concreter te maken.

**Wat is duurzame energie?
En wat is restwarmte-uitwisseling?**

Fossiele energie

De huidige energieproductie van de Nederlandse industrie leunt nog voornamelijk op fossiele (grijze) brandstoffen als aardgas, steenkolen en aardolie. Nadelen van deze bronnen zijn dat ze op zullen raken, dat ze CO₂-emissie leveren en dat de prijzen sterk fluctueren. Daarnaast ligt de winning van aardgas in Nederland onder druk en is het ongewenst om geheel afhankelijk te worden van de import uit andere landen.

Duurzame en hernieuwbare energie

Sinds jaren wordt gezocht naar energiebronnen die niet op kunnen raken, minder of geen vervuilende stoffen produceren en minder of geen druk leggen op geopolitieke machtsverhoudingen. Deze energiebronnen worden doorgaans ook wel duurzame of hernieuwbare energiebronnen genoemd.

Volgens de Europese richtlijn voor Energie uit hernieuwbare bronnen¹ is hernieuwbare energie: energie uit hernieuwbare niet-fossiele bronnen, namelijk: wind, zon, aërothermische, geothermische, hydrothermische energie en energie uit de oceanen, waterkracht, biomassa, stortgas, gas van rioolzuiveringsinstallaties en biogassen

In het spraakgebruik wordt duurzaam breed gebruikt, maar hernieuwbare energie is beperkt tot de bronnen uit deze definitie. Deze hernieuwbare bronnen zijn niet altijd schoon, bij bio-ketels kunnen vervuilende emissies vrijkomen. Ook kunnen er andere bezwaren aan de hernieuwbare bron kleven, zoals horizonvervuiling door een windmolen.

Restwarmte en restwarmte-uitwisseling

De bij elektriciteitsopwekking, industriële processen of afvalverbranding vrijkomende hoeveelheden warmte die bij het betreffende bedrijf niet nuttig gebruikt (kunnen) worden, wordt restwarmte genoemd. Als deze warmte door een andere partij nuttig wordt gebruikt, heet dit restwarmte-uitwisseling.

¹ Renewable Energy Directive (RED); 2009/28/EG

Waarom doen?²

Maatschappelijk belang: Duurzaam imago/beleid

- Past binnen/geeft vorm aan het bedrijfsbeleid: van maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO) en/of 'Corporate Social Responsibility' (CSR)
- Druk van aandeelhouders: uw aandeelhouders kunnen een duurzamere manier van opereren vereisen
- Bijdrage aan convenanten (MJA/MEE)
- Druk vanuit klanten om duurzaam te produceren.
- Energieakkoord. Gebruik van hernieuwbare energie of restwarmte draagt bij aan de doelen van het energieakkoord van de SER.

Economisch belang:

- *Levering van restwarmte* heeft economische waarde indien er aan deze restwarmte een waarde kan worden toegekend.
- *Gebruik van restwarmte* van derden kan economische waarde hebben. Minder afhankelijk van fossiele bronnen kan een economisch verantwoorde keuze zijn, indien er goede prijsafspraken kunnen worden gemaakt. Tevens bent u minder afhankelijk van fluctuerende marktprijzen van fossiele brandstoffen.
- *Marktaandeel verkrijgen of vergroten*: met behulp van bijvoorbeeld een groen label of marketingstrategie voor een duurzaam product
- *Concurrentievoordeel*: U kunt zichzelf onderscheiden ten opzichte van uw concurrenten door inzet van duurzame energie of restwarmte in uw bedrijfsproces en/of producten.
- *Minder emissierechten nodig*
Voor bedrijven die onder het ETS vallen is de vermindering van de CO₂-uitstoot een voordeel, omdat er minder CO₂-rechten ingekocht hoeven te worden.
- *Minder prijsfluctuatie*
De meeste hernieuwbare bronnen vergen een forse investering, maar de exploitatielasten zijn lager en fluctueren niet.

Milieu

- *Besparing fossiele brandstoffen*: door inzet van duurzame energie en hergebruik van restwarmte kan aanzienlijk bespaard worden op het gebruik van fossiele brandstoffen.
- *Vermijden/terugdringen van schadelijke emissies*:
- Fossiele brandstoffen zorgen voor uitstoot van CO₂.

Wanneer doen?

- Wanneer bij bedrijfsprocessen ongebruikte reststromen (biomassa) beschikbaar zijn, die intern niet meer nuttig kunnen worden ingezet
- Wanneer voor koeling/lozing van restwarmte of afvoer van afvalstromen kosten worden gemaakt (bijvoorbeeld transportkosten, lozing en/of koelingskosten)
- Wanneer voldoende ruimte is voor een duurzame energie techniek (bijvoorbeeld dakoppervlak voor zonne-energie, opslagruimte voor biomassa, of parkeerterreinen of andere vrije ruimte voor een windturbine) of restwarmteproject
- Wanneer u uw afhankelijkheid van de prijzen van fossiele energie wil verminderen

Vergroot slaagkans met:

- Zorg ervoor dat het project voldoende draagvlak heeft binnen uw organisatie en betrek de relevante spelers binnen het bedrijf.
- Kijk ook naar andere dan financiële elementen, zoals MVO, marketing, aandeelhouderswaarde.
- Onderzoek welke duurzame-energie techniek of warmte-uitwisselingsproject voor u het meest toevoegt en op welk gebied; financieel, technisch, strategisch of marketing-technisch of een combinatie daarvan. Naast dit factsheet zijn er verschillende tools die u hierbij kunnen ondersteunen zoals de Quickscan Duurzame Energie, de Warmteatlas, Verkenning restwarmtebenutting, of handreiking warmte-uitwisseling. Deze tools vindt u hier. Bij vragen kan uw MJA/MEE-contactpersoon u uiteraard ook verder helpen
- Onderzoek op welke locatie het beste duurzame energie kan worden opgewekt of restwarmte kan worden uitgewisseld. Zoek ook binnen de gekozen locatie naar de beste plek, zodat deze geen of zo min mogelijk impact heeft op uw bedrijfsactiviteiten en interne en externe veiligheid.
- Onderzoek welke financiële en organisatorische structuur voor uw project het beste past; wilt u zelf ontwikkelen en investeren, doet u dit via een aparte B.V. of laat u een gespecialiseerd bedrijf dit doen?
- Het tijdig inschakelen van deskundig (zo mogelijk onafhankelijk) technisch en/of financieel advies wanneer u dit niet zelf in huis hebt.
- Kijk naar uw profiel van uw energie- en warmtevraag en spiegel dit op de opties van de duurzame-energie- bronnen en eventuele restwarmtebronnen.
- Volg de Trias Energetica, dus kijk eerst of er grote energiebesparing is te bereiken, voordat je hernieuwbare bronnen of restwarmte inzet.
- Duurzame-warmte technieken en restwarmte: goede afstemming van de temperatuurniveaus voor warmte en koude d.m.v. een 'pinch'-analyse (deze helpt de warmtestromen in kaart te brengen, zodat bepaald kan worden of deze kunnen worden uitgewisseld).
- Het aanvragen van SDE+ subsidie of belastingvoordeel via de Energie Investerings Aftrek (EIA)
- Regel voordelige financiering via de Regeling Groenprojecten. Met een groenfinanciering kunt u tegen lagere kosten uw groenproject financieren
- De omgeving (bedrijven, omwonenden) en het bevoegd gezag vroegtijdig bij uw plannen betrekken. Vooral relevant voor technieken die potentieel overlast kunnen veroorzaken, zoals windenergie (geluid/slagschaduw) of bio-energie (geur, transport biomassa) en waarvoor vergunningen nodig zijn en natuurlijk voor restwarmte- uitwisselingprojecten
- Bij grootschalige warmte-uitwisseling; het inschakelen of opzetten van een onafhankelijke "warmtemakelaar" of warmtebedrijf

² Dit is geen uitputtende lijst maar het geeft een globaal overzicht waarom u een duurzame energie- of restwarmte project kunt overwegen.

Faalfactoren:

- De duurzame-energiesechniek belemmert uw toekomstige bedrijfsplannen. Bedenk dat voor een optimaal rendement uw duurzame-energie- of restwarmteproject ongeveer 15 jaar³ moet draaien en dat er op die plek geen ruimte is voor andere bedrijfsactiviteiten. Er kan (soms) bovendien effect zijn op de externe veiligheidssituatie binnen uw bedrijf of op de omgeving.
- Er is te weinig draagvlak of motivatie binnen het bedrijf voor duurzame energie. Als de beslissing negatief is, formuleer dan met het management onder welke omstandigheden duurzame energie in de toekomst wel mogelijk zal zijn en borg regelmatige afweging in uw bedrijfsprocessen, bijvoorbeeld in uw energiemangementbeleid.
- Het bevoegd gezag wil niet meewerken aan uw plannen. Probeer uw plannen zo goed mogelijk te onderbouwen. Bekijk bijvoorbeeld hoe uw plannen passen in het beleid (bijvoorbeeld duurzame- energiedoelstellingen) van het bevoegde gezag. Wacht eventueel een beter “politiek momentum” af.
- De energievraag verandert sterkt door energiebesparing of veranderingen in productieprocessen. Als de energievraag sterkt verandert kan een hernieuwbare energiesysteem soms niet optimaal functioneren of is een restwarmtenet te zwaar (en te duur) aangelegd.

Technieken en kerngegevens:

Zie TABEL op de volgende bladzijden.

Meer informatie:

- [SDE+](#)
- [Energie Investerings Aftrek \(EIA\)](#)
- [Praktijkvoorbeelden RVO DE in de industrie](#)

³ Wanneer u SDE+ subsidie ontvangt, is deze ook voor een looptijd van 12-15 jaar.

Energiebron	Conversietechniek	Interessante sectoren	Geproduceerde energie vorm ¹	Ordegrootte installatie eenheid (output vermogen)	Ordegrootte opbrengst (per MW, output) symbool staat voor vergelijkend aantal huishoudens ²	Investering in k€ per MW, output exclusief subsidie	Subsidie/ fiscale maatregel (vetgedrukt voorkeurs-subsidie)	Eenvoudige Terugverdientijd (jaren). Met SDE+ subsidie of EIA ³	Doorlooptijd ontwikkeling (vergunning benodigd) ⁴	Vermeden CO2-uitstoot in kton per MW, output ⁵	Zichtbaarheid ⁶
Wind-energie	Grote windturbine	Alle, mits voldoende fysieke ruimte beschikbaar (niet te dicht bij woningen/ kwetsbare objecten)	Elektriciteit	2-3 MWe per windturbine	2.000-2.500 (MWh/jr) 7.200-9.000 (GJ/jr) 575-700 (ΔΔ)	1.300-1.500	SDE+	6-8	- (ja)	1.250-1.550	++
	Middelgrote windturbine	Alle, mits voldoende fysieke ruimte beschikbaar (niet te dicht bij woningen/ kwetsbare objecten)	Elektriciteit	25-250 kWe per windturbine	1.500-2.000 (MWh/jr) 5.400-5.760 (GJ/jr) 425-575 (ΔΔ)	1.500-2.000	SDE+	8-10	- (ja)	925-1.250	++
	Mini windturbine	Alle	Elektriciteit	1-10 kWe per windturbine	100-1.000 (MWh/jr) 360-3.600 (GJ/jr) 30-285 (ΔΔ)	3.500-8.000 ⁷	EIA	~20	+/- (ja)	60-625	+
Zonne-energie	Zonnepanelen (dak)	Zonnestroom is geschikt voor alle sectoren waar vraag is naar elektriciteit.	Elektriciteit	10-50 kWe 50 kWe-1 MWe	850-900 (MWh/jr) 3.060-3.240 (GJ/jr) 240-260 (ΔΔ)	1.250-1.500 1.000-1.100	EIA of SDE+	8-10	+ (nee)	525-550	+
	Zonnepanelen (grond)		Elektriciteit	10-50 kWe 50 kWe-1 MWe		1.250-1.500 1.000-1.100	EIA of SDE+	7-10	- (ja)		++
	Zonneboilers (dak)	Sectoren met (kleine) vraag naar warm water bijvoorbeeld wasserijen, veeteelt-bedrijven, VGI	Warmte LT < 90 °C	2 kWth-2 MWth	700 (MWh/jr) 2.520 (GJ/jr) 50 (ΔΔ)	700	SDE+ of EIA	9-11	+ (nee)	160	+
Bio-energie	Vergisting	Met organische (natte) reststroom zoals de VGI, waterzuivering	Warmte: LT < 120°C MT 120-200°C HT > 200 °C (+Elektriciteit) Of: Biogas of groengas	Ketel 1-10 MWth	7.000 (MWh/jr) 25.200 (GJ/jr) 500 (ΔΔ)	580	SDE+	7-8	+/- (ja)	1.600	-
			WKK 1-10 MWth	W: 4.000 MWh/jr W: 14.400 GJ/jr W: 285 (ΔΔ) + E: 8.000 MWh/jr E: 28.800 GJ/jr E: 2.285 (ΔΔ)	2.200 (per MWth, output)	SDE+	3-4		5.900 (W+E)		
	Verbranding	Warmtegebruikers, bedrijven met een eigen biomassastroom	Warmte: LT < 120°C MT 120-200°C HT > 200 °C (+Elektriciteit)	Ketel 0,5-15 MWth	4.000-7.000 (MWh/jr) 14.400-25.200 (GJ/jr) 285-500 (ΔΔ)	425	SDE+	3-6	+/- (ja)	920-1.600	-
			WKK 1-50 MWth	W: 4.000 MWh/jr W: 14.400 GJ/jr W: 285 (ΔΔ) + E: 8.000 MWh/jr E: 28.800 GJ/jr E: 2.285 (ΔΔ)	2.400 (per MWth, output)	SDE+	4		5.900 (W+E)		
Bodem-energie	Warmte-koude opslag	sectoren met vraag naar koeling of verwarming (<55 °C), zoals rubber- en kunststof, glastuinbouw, datacenters, kantoren.	Warmte LT < 80 °C Koude <10 °C	100 kWth-10 MWth	1.500-3.000 (MWh/jr) 5.400-10.800 (GJ/jr) 105-215 (ΔΔ)	350-380	EIA	3-8	+/- (ja)	375-750	-
	Geothermie	Sectoren met continue warmtevraag tot 150 °C zoals; VGI, glastuinbouw, textiel-, papier-, (deels) chemie en raffinage	Warmte: LT < 120°C MT 120-150°C	5-25 MWth	5.500-7.000 (MWh/jr) 19.800-25.200 (GJ/jr) 390-500 (ΔΔ)	1.520	SDE+	3-4	- (ja)	1.250-1.600	-
Restwarmte	Industriële Warmtepomp	Chemie, VGI, Papier, Glastuinbouw	Warmte: LT < 120°C MT 120-200°C Koude	Gesloten compressie Warmtepomp 50 kWth-2 MWth	5.000-8.000 (MWh/jr) 18.000-28.000 (GJ/jr) 355-550 (ΔΔ)	300-500	EIA	2-15 (sterk afhankelijk van draaiuren en COP)	+/- (nee)	1.150-1.840	-
				MDR/TDR Warmtepomp 200 kWth-100 MWth	5.000-8.000 (MWh/jr) 18.000-28.000 (GJ/jr) 355-550 (ΔΔ)	250 (MDR) 100 (TDR)		1-6			
	Restwarmte uitwisseling	Alle sectoren die onbenutte restwarmte hebben, bijvoorbeeld Chemie, Raffinaderijen, AVI's, VGI, Papier, maar ook veel kleinere sectoren	Warmte: LT < 120°C MT 120-200°C HT > 200 °C (Koude) (Elektriciteit)	250 kWth (restwarmte)-100 MWth (stoom) Project-specifiek!	2.000-5.000 (MWh/jr) 7.200-18.000 (GJ/jr) 145-355 (ΔΔ) Project-specifiek!	Project-specifiek!	EIA	4-15	- (ja)	460-1.150	-

¹ LT = Lage Temperatuur warmte, MT = Midden Temperatuur warmte, HT = Hoge Temperatuur warmte

² Bruto energieproductie (1 MWh=1000 kWh) van hernieuwbare energie; de totale productie van hernieuwbare energie inclusief het eigen verbruik (definitie CBS Statline). Elektrische energie wordt doorgaans uitgedrukt in kWh (in de tabel MWh), warmte in GJ. In de kleur grijs zijn tevens de waarden in GJ elektrisch of MWh warmte weergegeven. Ook in grijs weer geven met het symbool zijn de energieopbrengsten in vergelijking met het verbruik van x aantal huishoudens, waarbij opgesplitst naar warmte- (= aardgas) en elektriciteitsverbruik. Aangenomen gemiddeld verbruik huishouden; 3,500 kWh elektriciteit, 1.600 m³ aardgas (= 50,64 GJ/jaar op basis van 31,65MJ/m³ onderwaarde laagcalorisch aardgas). Bron: Milieucentraal 2014, <http://www.milieucentraal.nl/themas/energie-besparen/gemiddeld-energieverbruik-in-huis> Gebruikte vollasturen/rendementen, op basis van ECN (2015) Eindadvies basisbedragen SDE+ 2015 of Ecofys ervaring; Windturbines 2.000-2.500 vollasturen (grote windturbine), 1.500-2.000 (middelgrote windturbine), 100-1.000 (mini windturbine); Zonnepanelen 850-900; Zonneboiler 700; Vergisting ketel 1-10 MWth 7.000 met rendement van 86%, WKK -3 MWe 8.000 (E), 4.000 (W) met max. elektrisch rendement 37%, max thermisch rendement 48%; Verbranding ketel 0.5-15 MWth, input 4.000-7.000 met thermisch rendement 90%, verbranding WKK 1-50 MWth input 8.000 (E), 4.000 (W), max. elektrisch rendement 19%, max thermisch rendement 58% met 1:4 elektriciteitsderving warmtelevering; WKO 1.500-3000 vollasturen Geothermie 5.500-7.000 vollasturen; Industriële Warmtepomp 5.000-8.000 vollasturen; Restwarmte uitwisseling project specifiek, opbrengsten op basis van praktijkprojecten.

³ Uitgaande van zo hoog mogelijk SDE+ fase. Let op in welke fase van SDE u indient!

⁴ + (kort) binnen jaar, +/- (gemiddeld), binnen 2 jaren, - (lang), meer dan 2 jaar

⁵ Op basis van Agentschap NL (2010) Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie, update 2010, Publicatienummer 2DENB1013. Gebruikte vermeden emissiefactoren elektriciteit (wind/zon); 0.62 kg CO₂/kWh (elektriciteit geleverd bij eindverbruiker, van CBS (2015) Rendementen en CO₂-emissie van elektriciteitsproductie in Nederland, update 2013 <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2015/2015-rendementen-co2-emissie-update-2013-mw.htm>), zonneboilers, geothermie, warmtepompen, restwarmte, bio-vergisting/bio-verbranding 0.23 kg CO₂/kWh uitgaande van een aardgasketel met 90% rendement als referentie en 56.7 kg CO₂/GJ verbranden van aardgas en elektriciteit geleverd bij eindverbruiker (0.62 kg CO₂/kWh), WKO 0.25 kg CO₂/kWh (alleen koude voor industrieel gebruik, in vergelijking met koude productie van compressiekoelmachine)

⁶ ++ uitstekend, + goed, - matig/slecht

⁷ Op basis van investeringsgetallen Agentschap NL (2010) Praktische toepassing van mini-windturbines Handleiding voor gemeenten, Publicatie-nr. 2DENB1013

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht

Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht

T +31 (0) 88 042 42 42

F +31 (0) 88 602 90 23

E klantcontact@rvo.nl

www.rvo.nl/

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | december 2015

Publicatienummer: RVO-244-1501/FS-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken.