



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Potentieel Analyse Warmte & Koude

Een beoordeling van het potentieel voor een efficiënte
warmte- en koude voorziening in Nederland

>> *Duurzaam, Agrarisch, Innovatief
en Internationaal ondernemen*

Inhoud

1	Inleiding	5
	Aanleiding	5
	Doelstelling	5
	Aanpak	5
	Leeswijzer	5
	DEEL I	
2	Huidige warmte- en koude voorziening	7
	2.1 Vraag naar warmte en koude	7
	2.2 Aanbod van warmte- en koude	9
	2.3 Installaties met (potentiële) levering van (rest)warmte- of koude	12
	2.4 Stadsverwarming en -koeling	15
	2.5 Ruimtelijke verdeling warmte- en koeling	17
3	Verwachte warmte- koude voorziening	21
	3.1 Verwachte ontwikkelingen gebaseerd op de Klimaat- en energieverkenning	21
	3.2 Vraag naar warmte en koude	21
	3.3 Aanbod van warmte- en koude	21
	DEEL II	
4	Doelstellingen ten aanzien van warmte- en koude	24
	4.1 Nationale klimaatdoelen en bijdrage aan Europese klimaat- en energiedoelen	24
	4.2 Sectorale streefwaarden en mijlpalen	24
5	Beleidsmaatregelen ten aanzien van warmte- en koude	26
	5.1 Nationale klimaat- en energiebeleid	26
	5.2 Generieke beleidsmaatregelen	26
	5.3 Beleid gebouwde omgeving	26
	5.4 Beleid industrie	27
	5.5 Beleid glastuinbouw	28
	DEEL III	
6	Analyse potentieel voor efficiënte verwarming en koeling	30
	6.1 Potentieel in de gebouwde omgeving	30
	6.2 Potentieel in de industrie	33
	6.3 Potentieel in de glastuinbouw	37
	6.4 Samenhang sectorale energievoorziening	41
	DEEL IV	
7	Mogelijke nieuwe strategieën en beleidsmaatregelen	43
	7.1 Jaarlijkse monitoring van doelbereik	43
	7.2 Voortgang klimaatbeleid en aandachtspunten	43
	7.3 Impact Covid-19 crisis en herstel	44

Bronnen	45
Bijlagen	
Bijlage I Aanvullende cijfers	48
Bijlage II Beleidsmaatregelen	50
Bijlage III Inzet warmtesystemen in de glastuinbouw	52
Onbelichte tomatenteelt	52
Belichte tomatenteelt	53
Belichte Chrysantenteelt	54
Belichte Alstroemerianteelt	55
Warme potplantenteelt	56
Radijzenteelt	57

1 Inleiding

Aanleiding

Lidstaten dienen volgens artikel 14 van de Europese Energie Efficiency richtlijn uit 2018 (hierna de 'EED') een uitgebreide beoordeling van het energie-efficiëntiepotentieel voor verwarming en koeling te maken. De eerste beoordeling is in 2015 opgeleverd¹. Eind 2020 moet een nieuwe beoordeling worden ingediend, volgens de vernieuwde eisen die aan de beoordeling zijn gesteld in een gedelegeerde verordening uit 2019². Deze vernieuwde eisen brengt de beoordeling in overeenstemming met andere Europese wetgeving voor de energie-unie (zoals de Governance Regulation en de Renewable Energy Directive artikel 15 lid 7). Nederland geeft met deze Potentieel Analyse Warmte & Koude (hierna 'PA W&K') invulling aan deze beoordeling.

Doelstelling

De potentieel analyse geeft inzicht in de huidige en verwachte warmte- en koude voorziening in Nederland, het economische potentieel dat er is om dat verder te verduurzamen en welk beleid Nederland daarop voert.

Aanpak

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij het opstellen van de potentieel analyse warmte & koude:

- De analyse sluit aan bij het Nederlandse klimaat- en energiebeleid, dat hoofdzakelijk wordt bepaald door het in 2019 gesloten nationale Klimaatakkoord³, en de uitvoering daarvan; daarmee geeft de analyse inzicht in de wijze waarop Nederland invulling geeft aan de beoordeling volgens artikel 14 van de EED;
- De analyse maakt zoveel mogelijk gebruik van beschikbare gegevens die aansluiten bij officiële statistieken van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en de analyses van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL); tenzij anders vermeld wordt daarbij gebruik gemaakt van de voor Nederland gebruikelijke definities⁴;

Leeswijzer

De opbouw van de potentieel analyse volgt de indeling van bijlage VIII van de EED, zoals aangegeven in bijlage I van de gedelegeerde verordening. In deel I wordt de huidige warmte & koude voorziening beschreven (hoofdstuk twee) en wat de verwachtingen tot en met 2030 zijn bij uitvoering van het huidige beleid (hoofdstuk drie). In deel II worden de huidige doelstellingen en bijdragen ten aanzien van warmte- en koude beschreven (hoofdstuk vier) en welke beleidsmaatregelen worden uitgevoerd en/of zijn voorzien (hoofdstuk vijf). In deel III wordt het potentieel voor het verduurzamen van de warmte- en koude voorziening beschreven (hoofdstuk zes). In deel IV wordt, ten slotte, de mogelijke nieuwe strategieën en beleidsmaatregelen beschreven om dat potentieel te realiseren (hoofdstuk zeven).

¹ https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/cogeneration-heat-and-power_en?redir=1#national-cogeneration-reports.

² Volgens de gedelegeerde verordening C(2019)1616 van 4-3-2019.

³ <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>.

⁴ Energieverbruik volgens CBS wijkt af van Eurostat ten aanzien van de behandeling van niet-verkochte warmte van WKK's. CBS telt het nuttige warmte verbruik, ook het deel dat niet is verkocht, wel mee als verbruik. Eurostat telt dat niet als verbruik, maar kent een gedeelte van de inzet van aardgas door WKK's met niet verkochte warmte toe aan finaal energieverbruik.

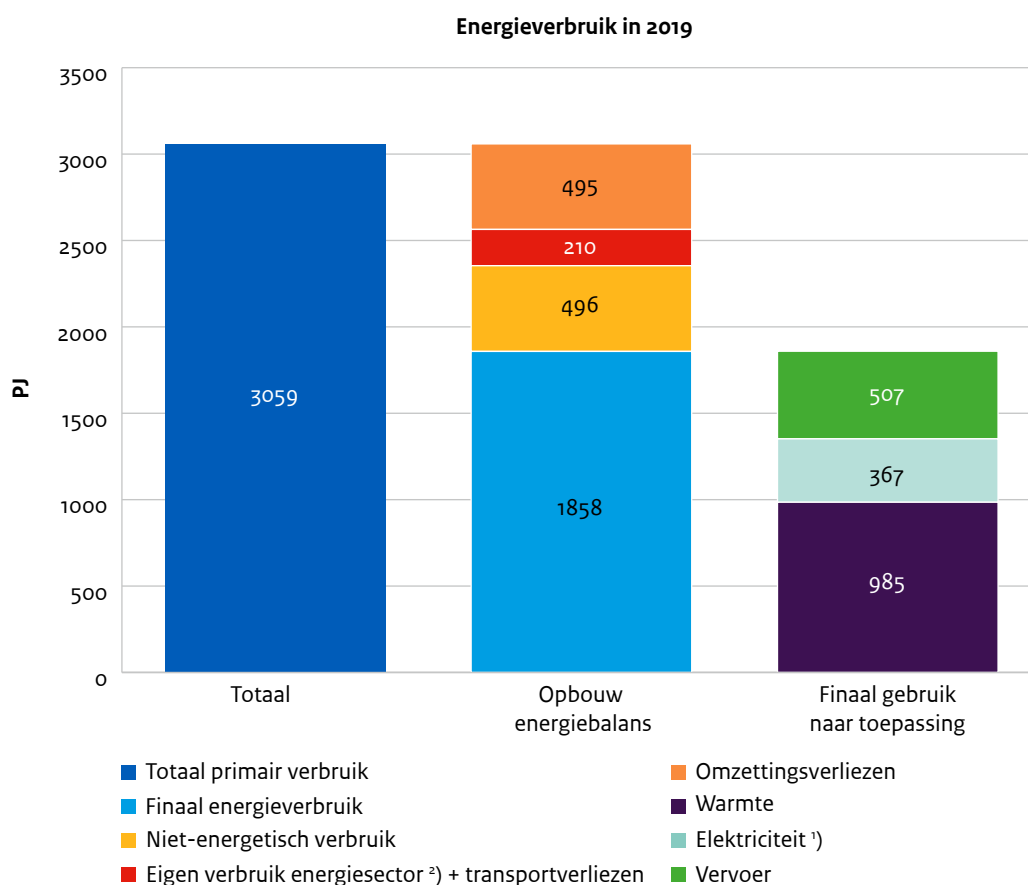
2 Huidige warmte- en koude voorziening

2.1 Vraag naar warmte en koude

Ruim de helft finaal energieverbruik voor warmte

Het totale primaire energieverbruik in Nederland bedraagt ruim 3.000 petajoule (CBS en TNO, 2020)⁵. Daarvan wordt 1.856 petajoule voor energetische doeleinden gebruikt bij eindverbruikers: industrie, verkeer en vervoer, huishoudens diensten en landbouw. De rest bestaat uit omzettingsverliezen, eigen verbruik van de energiesector en non energetisch verbruik van primaire energiedragers. Van het finale energieverbruik werd in 2019 ruim de helft gebruikt voor warmte, ruim een kwart voor vervoer en de rest, ongeveer 20 procent, voor toepassingen met elektriciteit (anders dan warmte en vervoer) (zie figuur 2.1). Het totale finale energieverbruik voor warmte is ongeveer 1000 petajoule.

Figuur 2.1 Opbouw energieverbruik 2019.⁶



- ¹⁾ Exclusief elektriciteit voor vervoer en exclusief elektriciteit voor warmte bij huishoudens
²⁾ Inclusief eigen verbruik raffinaderijen

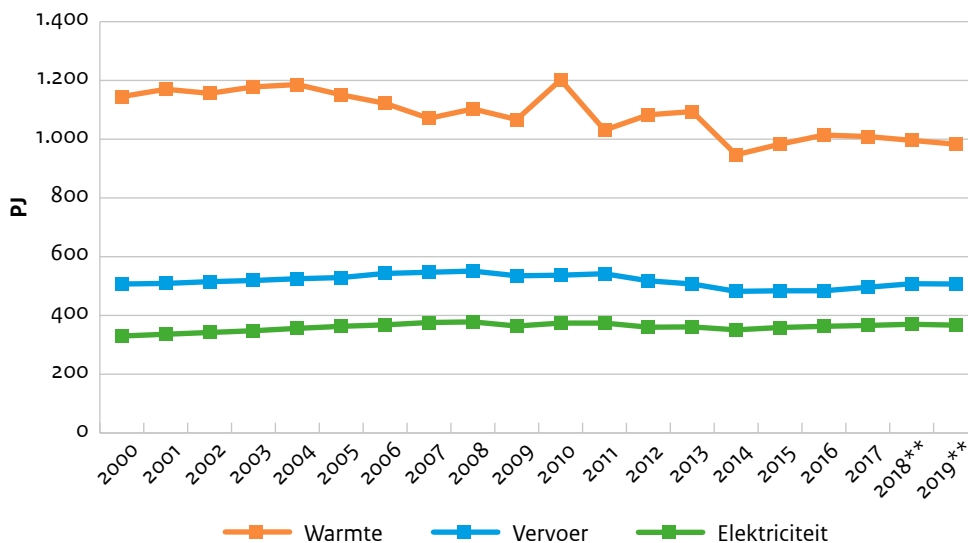
Bron: CBS en TNO (2020)

⁵ De uit deze bron genoemde energieverbruiken voor 2018 en 2019 zijn op basis van voorlopige statistieken.

⁶ Er zijn een aantal keuzes gemaakt bij het afleiden van dit figuur uit de Energiebalans: Het finaal energieverbruik voor vervoer is inclusief het energieverbruik van mobiele werktuigen en het finaal verbruik voor elektriciteit is exclusief het elektriciteitsverbruik voor vervoer en het elektriciteitsverbruik voor warmte bij huishoudens.

De variatie in de tijd van de bijdrage van warmte aan het finaal energieverbruik wordt op een termijn van enkele jaren vooral beïnvloed door het weer (zie figuur 2.2). In het koude jaar 2010 werd 57 procent van het finaal verbruik van energie benut voor warmte. Over de laatste twee decennia is wel een trend zichtbaar naar relatief minder energie voor warmte en relatief meer voor elektrische toepassingen.

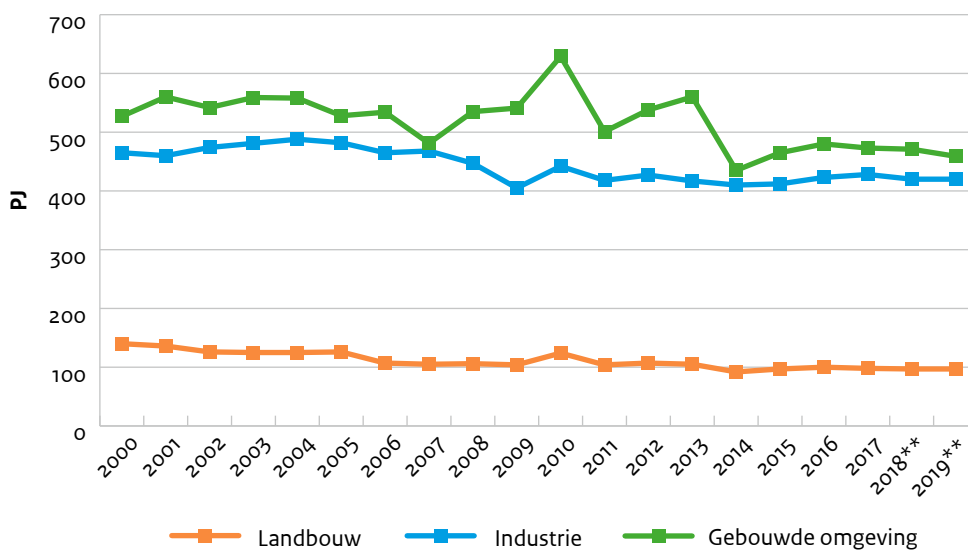
Figuur 2.2 Finaal energieverbruik naar toepassing.



Bron: CBS en TNO (2020)

Ongeveer de helft van het finaal energieverbruik voor warmte is energieverbruik in de gebouwde omgeving (huishoudens en diensten), 40 procent in de industrie en 10 procent in de landbouw (zie figuur 2.3).

Figuur 2.3 Finaal energieverbruik voor warmte naar sector.



Bron: CBS en TNO (2020)

Totaal energieverbruik voor koeling

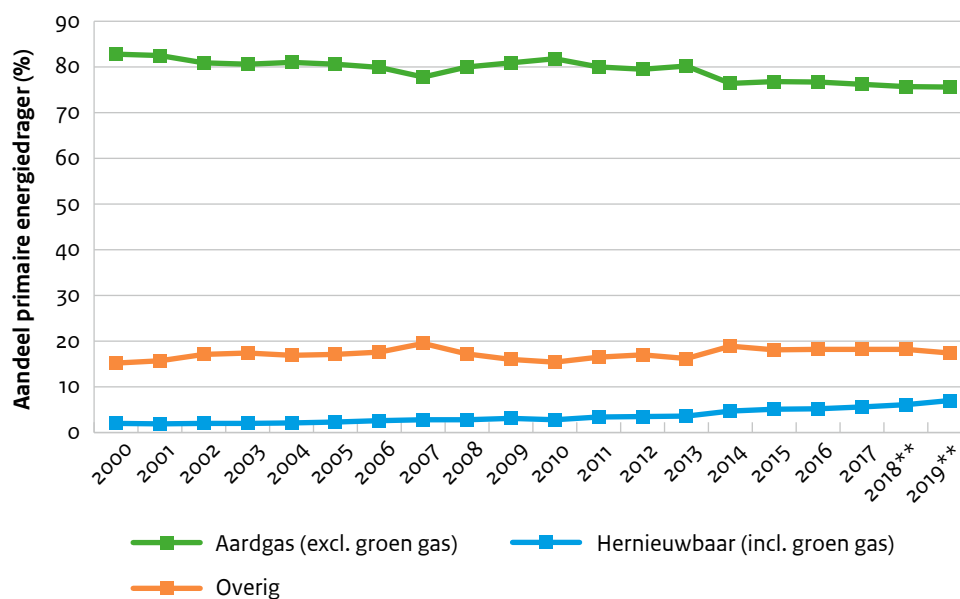
Het grootste deel van de koude behoefte wordt ingevuld door koelmachines die staan op de plek waar koude nodig is, zoals in gebouwen en de voedingsmiddelenindustrie. Het gaat in totaal om ongeveer 27 petajoule elektriciteit in 2015, wat relatief weinig is ten opzichte van het totale finale energieverbruik voor warmte wat rond de 1.000 petajoule ligt (zie figuur 2.1).

2.2 Aanbod van warmte- en koude

Warmte grotendeels afkomstig uit de verbranding van aardgas

Het finaal energieverbruik voor warmte is in 2019 voor 76% procent afkomstig uit de verbranding van aardgas (Figuur 2.4). Het gaat dan voor een groot deel om het verbranden van aardgas in warmteketels voor eigen verbruik, maar ook om warmte afkomstig uit warmtekrachtinstallaties van de warmteverbruiker of van derden. Hernieuwbare energie is in 2019 goed voor 7 procent en overige energiedragers, zoals restgassen uit aardolie en steenkool, zijn goed voor 17 procent.

Figuur 2.4 Finaal verbruik warmte naar primaire energiebron (aandelen).



Bron CBS en TNO (2020)

De grote warmteleveranciers in Nederland leveren niet alleen warmte, maar ontwikkelen op relatief beperkte schaal ook koude netten om koude te leveren. Koude levering via netten (die meerdere gebouwen bedienen) was in 2015 tot en met 2016 goed voor 0,5 petajoule en 2018 goed voor 0,6 petajoule koude. Het aantal geïdentificeerde koude netten was 20. De meeste koude komt daarbij uit hernieuwbare bronnen (bodem of oppervlaktewater), een veel kleiner deel komt uit compressie-koelmachines op elektriciteit. Vooral in grote kantoorgebouwen en ziekenhuizen wordt ook gekoeld via warmtekoudeopslag systemen. De totale onttrekking van koude uit de bodem (welke gelijk is aan de afgevoerde warmte) via WKO systemen was de laatste jaren ongeveer 2 petajoule (CBS, 2020a).

Gebouwde omgeving

Het finaal energieverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving bestaat voor een groot deel uit het verbranden van aardgas in verwarmingsketels en kachels (zie tabel 2.1). De bijdrage uit biomassa is ongeveer 5 procent en betreft het houtverbruik van huishoudens en kent een onzekerheid van 30 procent (CBS, 2020b). De aangekochte warmte en zelf opgewekte WKK-warmte betreft vooral de warmte uit stadsverwarming waarvan de ontwikkeling op korte termijn in sterke mate afhankelijk is van het weer in het stookseizoen.

Het elektriciteitsverbruik voor warmte betreft het elektriciteitsverbruik voor warmtepompen, maar ook (en op dit moment nog meer) het elektriciteitsverbruik van de pompen van de cv-ketels en elektrische warmteboilers.

Warmtepompen onttrekken warmte uit de omgeving (bodem, water of buitenlucht) voor verwarming van gebouwen. De onttrokken warmte uit de omgeving door warmtepompen vertoont een structurele stijging die de laatste jaren versnelt, vooral bij woningen (CBS, 2020c). Ruim 20 procent van het aardgasverbruik van huishoudens wordt gebruikt voor de bereiding van tapwater. Koken verbruikt relatief weinig aardgas, circa 2 procent.

Tabel 2.1 Finaal energieverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving 2019** in petajoule

	Huishoudens	Diensten	Totaal ¹⁾
Aardolie	2	.	.
Aardgas²⁾	274	115	389
Aardgas voor ruimteverwarming	209	.	.
Aardgas voor warm tapwater	60	.	.
Aardgas voor koken	6	.	.
Zonnewarmte	1	0	1
Biomassa	16	1	17
Aangekochte warmte plus zelf opgewekt WKK-warmte	12	11	23
Aangekochte warmte ³⁾	12	10	21
Zelf opgewekte WKK-warmte	0	1	1
Elektriciteit voor warmte totaal	9	3	12
Elektriciteit voor warmtepompen	2	3	5
Elektriciteit voor elektrische warmteboilers	3	.	.
Elektrische radiatoren en elektrische vloerverwarming	0	.	.
Elektriciteit voor pompen verwarmingsketels	4	0	4
Onttrokken warmte uit omgeving door warmtepompen	5	6	11
Totaal¹⁾	319	140	459

Bron: CBS en TNO (2020).

¹⁾ Berekend zonder het elektriciteitsverbruik voor warmte bij de diensten

²⁾ Inclusief aardgas voor blokverwarming

³⁾ Vooral warmte uit warmtenetten en een paar tienden petajoules warmte uit door derden beheerde WKK-installaties

Industrie

Het finaal energieverbruik voor warmte in de industrie verandert van jaar tot jaar als gevolg van conjunctuur en onderhoud of storingen bij grote installaties. Ook in de industrie is het verbranden van aardgas in ketels voor eigen verbruik de belangrijkste bron van verwarming (zie tabel 2.2). Echter, andere bronnen hebben relatief een groter aandeel in het finaal energieverbruik dan bij huishoudens. De petrochemische industrie verbrandt veel olierestgassen en de industrie gebruikt veel stoom die zelf wordt opgewekt in WKK-installaties of aangekocht van energiebedrijven (of joint-ventures), andere bedrijven of afvalverbrandingsinstallaties. De laatste jaren zijn veel joint-ventures opgeheven en zijn de betreffende installaties overgenomen door de industrie waardoor het finaal energieverbruik van stoom uit eigen WKK's weer wat stijgt. Het verbruik van kolen- en kolenproducten is stabiel en betreft vooral het verbranden van kolenrestgassen in de staalindustrie.

Tabel 2.2 Finaal energieverbruik voor warmte in de industrie (exclusief raffinaderijen) in petajoule

	2015	2016	2017	2018**	2019**
Kool en koolproducten	20	21	22	23	20
Aardoliegrondstoffen en producten¹⁾	106	119	117	119	107
Aardgas	180	181	187	181	188
Biomassa	5	5	5	6	5
Aangekochte warmte plus zelf opgewekte WKK warmte	101	98	97	90	99
Aangekochte warmte	94	86	81	75	.
Zelf opgewekte WKK warmte	7	12	16	16	.
Elektriciteit voor warmte	.	.	.	.	.
Niet biogeen afval en stoom uit chemische processen	0	0	1	1	1
Totaal	412	423	428	420	420

Bron: CBS en TNO (2020)

¹ Vooral restgassen uit olie. De daling in 2019 is voor een groot deel toe te wijzen aan onderhoud

Landbouw

De grootste warmtevraag binnen de sector landbouw is in de glastuinbouw. Het finaal energieverbruik voor warmte in de landbouw bestaat ongeveer voor de helft uit het verbranden van aardgas in warmteketels en voor de andere helft uit warmte uit eigen aardgasgestookte WKK-installaties (Tabel 2.3). De jaarlijkse inzet van deze installaties hangt af van de marktprijzen voor elektriciteit en aardgas. De laatste twee jaar is marktsituatie voor elektriciteitsproductie uit aardgas gunstig, wat zich vertaalt in een hoge inzet van de aardgasgestookte WKK in de landbouw.

Aardwarmte en biomassaketels leveren een groeiende bijdrage aan de warmtevoorziening. In 2019 was het aandeel van deze hernieuwbare bronnen gegroeid tot boven de 10 procent. Een beperkt aantal tuinders is aangesloten op stadsverwarming, onder andere op het Rotterdamse net (B3-hoek) en het Warmtenet Breda-Tilburg.

De totale vraag naar warmte beweegt ook mee met de temperaturen in het stookseizoen, al is de temperatuurafhankelijkheid minder sterk dan in de gebouwde omgeving. Wat niet in deze tabel staat is de warmte die vrijkomt bij de belichting van de kassen. Deze wordt niet geteld als finaal energieverbruik voor warmte, omdat belichting het primaire doel is. Echter, de lampen geven ook veel warmte af.

Tabel 2.3 Finaal energieverbruik voor warmte in de landbouw in petajoule

	2015	2016	2017	2018**	2019**
Aardoliegrondstoffen en producten	1	1	1	1	1
Aardgas	44	50	44	39	34
Aardwarmte	2	3	3	4	6
Biomassa	3	3	4	5	5
Aangekochte warmte plus zelf opgewekt WKK-warmte	47	43	47	48	52
Aangekochte warmte	4	4	4	4	4
Zelf opgewekte warmte WKK-warmte	43	39	43	44	48
Onttrokken warmte uit omgeving door warmtepompen	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Elektriciteit voor warmte totaal	.	.	.	.	.
Elektriciteit voor warmte warmtepompen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Elektriciteit voor warmte overig	.	.	.	.	.
Totaal	97	100	98	97	97

Bron: CBS en TNO (2020).

2.3 Installaties met (potentiële) levering van (rest)warmte- of koude

In de vorige paragraaf zijn de energietechnieken genoemd die worden ingezet voor de levering van warmte. Ook is aangegeven dat er (rest)warmte wordt aangekocht. Deze paragraaf geeft een overzicht van verschillende typen thermische installaties die (rest)warmte- of koude leveren of (na aanpassing) zouden kunnen leveren, zoals bekend op basis van gegevens van eind 2020 (meestal over de situatie in 2017 of 2018).

Thermische energieopwekkingsinstallaties (meer dan 50 MW_{th})

Volgens de Warmteatlas zijn er 269 stookinstallaties in Nederland met een thermisch vermogen groter dan 50 MW, zoals bedoeld in de Europese richtlijn 2001/80/EG (zie tabel 2.4). Een overzicht van alle individuele grote stookinstallaties is te vinden op de Warmteatlas (zie paragraaf 2.5). De Warmteatlas maakt daarvoor gebruik van de gegevens van de Emissieregistratie, die de emissies van deze installaties registreert.

Tabel 2.4 Grote stookinstallaties met een vermogen van meer dan 50 MW_{th} (in 2017)

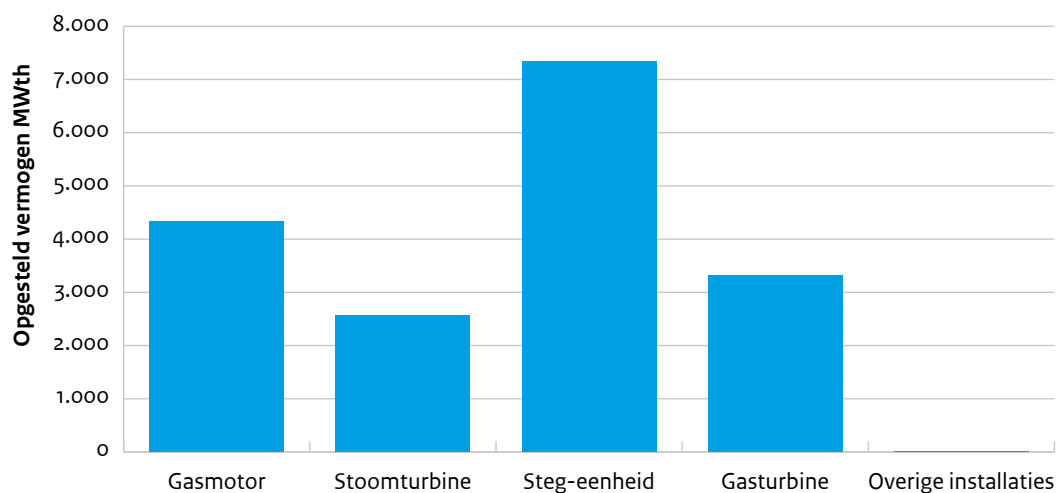
Sectoren	Aantal	Cumulatief vermogen (MW _{th})
Elektriciteitscentrales	69	40.833
Chemie en overige industrie	120	13.528
Staalindustrie	6	606
Warmtecentrales	14	1.402
WKK-installaties (m.n. voor de industrie)	17	2.895
Raffinaderijen	43	4.251
Totalen	269	63.515

Bron: Warmteatlas.

Installaties voor warmtekrachtkoppeling (meer dan 20 MW_{th})

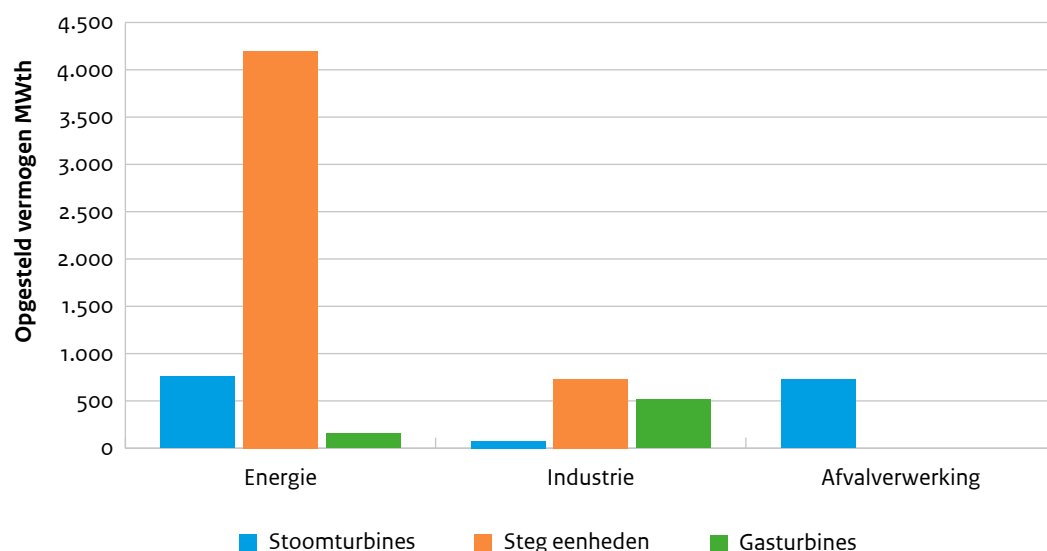
In 2017 stonden er in totaal 4.021 WKK-installaties opgesteld met een gezamenlijk thermisch vermogen van 17.558 MW (zie figuur 2.5). De meeste WKK-installaties (zo'n 2.500 gasmotoren) staan opgesteld in de glastuinbouwsector, met een gezamenlijk thermisch vermogen van 3.611 MW. Deze WKK's worden hoofdzakelijk gebruikt voor het verwarmen van kassen en CO₂-bemesting, maar produceren ook elektriciteit dat grotendeels wordt terug geleverd aan het net (9,9 GWh). In de industrie staat het grootste gezamenlijke thermische vermogen opgesteld, namelijk 7.952 MW, verdeeld over 180 installaties. Ongeveer de helft hiervan zijn gasmotoren. In de industrie worden WKK's met name gebruikt voor het produceren van stoom. Daarnaast staan er veel relatief kleine WKK-installaties in de dienstensector: ruim 1.300, voornamelijk gasmotoren, met een gezamenlijk thermisch vermogen van 1.814 MW in 2017.

WKK-installaties met de grootste vermogens zijn opgesteld in de energiesector: 19 installaties, voornamelijk STEG-eenheden, met een gezamenlijk thermisch vermogen van 3.365 MW. Deze centrales leveren vooral elektriciteit.

Figuur 2.5 Warmtekrachtkoppeling (WKK) installaties in 2017.

Bron: CBS (2020d)

Het opgestelde vermogen van grote WKK's, met een elektrisch vermogen groter dan 20MW, bedroeg in 2018 op basis van voorlopige cijfers 7.163 MW_e (zie figuur 2.6), verdeeld over 71 installaties. Het merendeel daarvan, zowel in aantallen als vermogen, zijn in eigendom van energiebedrijven.

Figuur 2.6 Grote warmtekrachtkoppeling (WKK) installaties (>20 MW_e) in 2018.

Bron: CBS (2020d), bewerkt door CBS

Afvalverbrandingsinstallaties

In Nederland staan 13 afvalverbrandingsinstallaties (Avi's) opgesteld (RWS, 2020). Deze wekken bij het verwerken van het afval energie op in de vorm van elektriciteit en/of warmte. Het gezamenlijke thermische vermogen van de Avi's met WKK bedraagt ruim 2.500 MW. In 2018 is 4.204 GWh aan elektriciteit door de Avi's geproduceerd, gemeten direct aan de turbines. Van de geproduceerde elektriciteit is ongeveer 80 procent aan het net of andere installaties buiten de AVI geleverd. De rest is bestemd voor eigen gebruik, vooral voor rookgasreiniging. Daarnaast is er door de Avi's 14,9 petajoule aan warmte extern geleverd in 2018. De temperatuur waarop deze warmte wordt geleverd is per installatie verschillend. Dit wordt bepaald door de vraag naar warmte in de buurt van de installatie. De geleverde warmte wordt gebruikt voor

industriële processen, stadsverwarming of het verwarmen van kassen. Tabel 1.1 in bijlage I bevat een overzicht van de afvalverbrandingsinstallaties in Nederland.

Installaties voor hernieuwbare energie (meer dan 20 MW_{th})

Ook thermische installaties voor hernieuwbare energie produceren warmte. Grootchalige hernieuwbare energie installaties worden in Nederland sinds 2008 gesubsidieerd door de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie+ (SDE+). In totaal gaat het om 48 installaties met een vermogen groter dan 20 MW_{th} (zie tabel 2.5) die een subsidie ontvangen of zullen ontvangen (na realisatie)⁷.

Tabel 2.5 Hernieuwbare energie installaties gesubsidieerd door de SDE+ (meer dan 20 MW_{th})

	Aantal projecten	Cumulatief opgesteld vermogen (MW _{th})
Gerealiseerd (in bedrijf)	43	3.111
Afval	11	797
Biomassa	9	679
Biomassa (bij en/of meestook)	4	891
Biomassa warmte	8	443
Geothermie warmte	9	253
Groen gas	2	48
Realisatie in voorbereiding	24	1.255
Biomassa	5	221
Biomassa (bij en/of meestook)	2	386
Biomassa warmte	3	214
Geothermie warmte	11	345
Groen gas	3	89
Eindtotaal	67	4.366

Bron: RVO (peildatum 1 mei 2020; alleen installaties met een vermogen groter dan 20 MW_{th}).

Industriële installaties (meer dan 20 MW_{th})

Industriële installaties produceren warmte voor productieprocessen. Volgens de Warmteatlas staan er in Nederland 27 industriële installaties met een vermogen groter dan 20 MW_{th} (zie figuur 2.7 hieronder en tabel 1.2 in bijlage I).

De meeste installaties leveren stoom voor het productieproces van het bedrijf. Een beperkt aantal installaties levert warmte in de vorm van stoom aan andere industriële installaties via een stoomnet⁸. Stoomnetten bevinden zich bij grote industriële clusters in Nederland, zoals Chemelot in Geleen of het industriegebied bij Delfzijl. Ook in de Rotterdamse haven zijn een paar industrieclusters waar stoomuitwisseling plaats vindt. Het aantal stoomnetten in 2018 was 8 stuks met ongeveer 60 klanten. De totale levering van stoom via stoomnetten was 37 petajoule (CBS en TNO, 2020), wat meer is dan de levering van warm water via warmtenetten. Net als bij warmte voor de grote warmtenetten komt de meeste stoom uit WKK-installaties gestookt op fossiele brandstoffen, vaak aardgas maar soms ook restgassen.

⁷ Exclusief de categorieën zon, wind, afval en bij/meestook van biomassa in elektriciteitscentrales.

⁸ Levering van stoom valt onder de Europese definitie van stoomnetten als deze gaat via een netwerk dat levert aan 2 of meer klanten. Dat betekent dat 1 op 1 relaties, bijvoorbeeld een joint-venture die alleen levert aan een fabriek, niet telt als district heating. Volgens de definitie in deze richtlijn telt stoomlevering in de industrie dus ook onder District Heating.

2.4 Stadsverwarming en -koeling

Grote en kleine stadsverwarmingsnetten

In de monitoring van stadsverwarming en -koeling wordt onderscheid gemaakt naar grote en kleine stadsverwarmingsnetten (CBS en TNO, 2020). Over grote stadsverwarmingsnetten zijn doorgaans meer gegevens beschikbaar. Grote stadsverwarmingswarmtenetten hebben gebouwen als hoofdafnemer en leveren jaarlijks meer dan 150 TJ aan warmte aan eindverbruikers. De totale warmtelevering van de grote netten is ongeveer 10 keer zo groot als de warmtelevering van de kleine netten. Onder kleine warmtenetten verstaan we alle netten welke primair bedoeld zijn voor het leveren van warmte aan meerdere gebouwen en welke niet vallen onder de grote netten.

Tabel 2.6 toont het totale aantal aansluitingen (groot- en kleinverbruikers) en warmtelevering van de grote stadsverwarmingsnetten. In 2018 waren er 329 duizend aansluitingen en werd 20,4 petajoule warmte geleverd. Tabel 2.7 toont het aantal aansluitingen en warmtelevering voor alle kleine stadsverwarmingsnetten tezamen (circa 100). Naast de toename in het aantal aansluitingen is het aantal kleine netten ook toegenomen. De toename betekent niet per se dat de netten zelf meer zijn gaan leveren.

Tabel 2.6 Overzicht totale aantal aansluitingen en warmtelevering van de grote stadsverwarmingsnetten

	Aantal aansluitingen (x 1.000)						Warmtelevering in petajoule						Warmteleverancier
	2016	2017	2018	2019**	2020	2023	2016	2017	2018	2019**	2020	2023	
Utrecht	53,4	55,2	56,1	54,4	54,0	58,0	2,9	3,1	3,0	2,9	3,3	3,3	Eneco
Rotterdam	52,7	54,4	55,4	55,9	56,7	63,4	3,4	3,3	3,4	3,4	3,6	3,7	Eneco en Vattenfall
B3-Hoek	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2,1	2,0	1,8	1,6	2,0	2,0	Eneco
Den Haag	5,3	5,5	6,3	6,6	9,0	13,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	Eneco
Ypenburg	10,1	10,1	10,2	10,2	10,1	10,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	Eneco
Amsterdam Zuid en Oost incl. Amstelveen	16,1	17,7	19,0	25,0	26,3	31,6	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	Vattenfall en Eneco
Amsterdam Noord- en West	10,7	12,1	15,1	17,4	19,0	28,2	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,4	Westpoort Warmte
Almere	49,4	50,2	51,6	52,4	52,9	57,0	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	Vattenfall
Lelystad	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	Vattenfall
Leidse regio	8,5	8,9	9,0	9,3	9,8	10,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	Vattenfall
Arnhem, Duiven en Westervoort	14,1	14,6	15,2	15,7	16,1	17,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	Vattenfall
Nijmegen	4,3	5,2	5,9	6,3	6,7	9,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	Vattenfall
Warmtenet Breda-Tilburg	34,3	34,6	35,2	35,7	36,2	36,9	3,1	2,5	2,5	2,4	2,6	2,6	Ennatuurlijk
Enschede	4,4	4,4	4,7	5,0	7,0	7,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	Ennatuurlijk
Helmond	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	7,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	Ennatuurlijk
Eindhoven	1,8	2,3	2,4	2,6	3,6	6,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	Ennatuurlijk
Alkmaar	4,6	4,9	5,4	5,7	6,5	9,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	HVC
Purmerend	25,8	25,9	26,3	26,9	28,2	30,0	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	1,0	SVP
Dordrecht*	*	*	*	*	1,6	3,1	*	*	*	*	0,2	0,2	HVC
Totaal	306,8	317,3	329,0	340,4	355,0	405,0	20,8	20,2	20,4	20,4	22,5	24,0	

Bron: CBS en TNO (2020).

* In 2019 en eerdere jaren was Dordrecht nog geen groot net

** Voorlopige cijfers

Tabel 2.7 Levering van warmte door kleine stadsverwarmingsnetten

	2015	2016	2017	2018
Aansluitingen x1000				
Aardgas WKK	37,2	35,4	36,4	37,3
WKO	12,9	13,4	14,1	14,3
Biomassa	5,7	6,1	6,8	7,3
Overig	2,6	2,9	4,8	5,0
Totaal	58,3	57,8	62,1	64,0
Warmte in petajoule				
Aardgas WKK	1,3	1,3	1,3	1,4
WKO	0,5	0,6	0,6	0,6
Biomassa	0,2	0,2	0,2	0,2
Overig	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal	2,0	2,1	2,2	2,4

Bron: CBS en TNO (2020).

Aandeel hernieuwbare energie in grote stadsverwarmingsnetten

Het aandeel hernieuwbare warmte bij grote warmtenetten is gestegen van 16% in 2016 naar 30% in 2019 (CBS en TNO, 2020). In het aanbod van warmte zijn WKK-centrales op fossiele brandstoffen dominant. Wel wordt de bijdrage van deze centrales langzaam minder.

De levering van warmte door bestaande installaties voor verbranding van afvalhout zijn in 2018 en 2019 sterk toegenomen. Deze installaties zijn opgestart in 2008 en produceerden destijds alleen elektriciteit, omdat ook alleen daarvoor subsidie was. Inmiddels is de subsidieregeling (SDE) aangepast en is er ook subsidie voor warmte uit biomassa. Als gevolg daarvan zijn deze installaties omgebouwd en leveren ook warmte en minder elektriciteit. Deels gaat deze warmtelevering uit biomassa ten koste van de warmtelevering uit de afvalverbrandingsinstallaties die op dezelfde locatie staan.

Restwarmte is opgenomen onder fossiele bronnen. De informatie is niet apart publiek beschikbaar vanwege het geringe aantal leveranciers van restwarmte en omdat het CBS de data nog niet compleet heeft, maar uit de warmte-etiquetten is wel af te leiden dat het in 2018 ging om ongeveer 1 petajoule.

Tabel 2.7 Warmtelevering aan grote stadsverwarmingsnetten (in petajoule)

	2016	2017	2018	2019
Warmteproductie				
Aardgas en steenkool	21,7	20,4	18,9	17,0
WKK (inclusief hulpketels op locatie aardgas-WKK) ⁹	19,9	19,0	17,6	15,8
Aardgas hulpketels niet op locatie aardgas-WKK	1,8	1,4	1,3	1,3
Huishoudelijk afval	5,4	5,8	4,7	5,0
Biogeen	2,9	3,1	2,5	2,6
Niet biogeen	2,5	2,7	2,3	2,4
Biomassa	1,5	1,6	3,9	5,6
Totaal	28,6	27,7	27,6	27,6

⁹ Inclusief restwarmte uit fossiele bronnen.

	2016	2017	2018	2019
Warmteverlies	7,8	7,5	7,1	7,2
Warmtelevering	20,8	20,2	20,4	20,4
Aandeel hernieuwbaar energie (% van de warmteproductie)	16	17	23	30

Bron: CBS en TNO (2020).

Voor de kleine warmtenetten is geen informatie beschikbaar over de inzet van hulpketels. Het is daardoor niet goed mogelijk om het aandeel hernieuwbare energie van de kleine netten te kwantificeren.

2.5 Ruimtelijke verdeling warmte- en koeling

De Warmteatlas Nederland (www.warmteatlas.nl) van het Expertisecentrum Warmte (ECW) is een digitale, geografische kaart met daarop aangegeven het (potentiële) warmteaanbod en –vraag in Nederland. Deze atlas heeft als doel om marktpartijen en regio's inzicht te geven in de mogelijkheden voor de verduurzaming van het verwarmen van met name gebouwen en kassen. De Warmteatlas wordt normaal gesproken jaarlijks geactualiseerd zodra nieuwe gegevens beschikbaar zijn. Dit gebeurt in het kader van het VIVET-programma dat streeft naar de verbetering van de informatievoorziening van de energietransitie¹⁰.

De warmtevraag van gebouwen, kassen en de industrie is opgenomen in de Warmteatlas en is afkomstig uit diverse (meestal openbare) bronnen¹¹:

- Locatie gegevens over gebouwen en huizen komt uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) van het Kadaster¹²;
- De warmtevraag van woningen per buurt zijn op basis van het aardgasgebruik van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS);
- De ligging van grote gebouwen en kassen die geschikt zijn voor geothermie en warmte-koude opslag is gebaseerd op topografische kaarten (TopNL van het Kadaster¹³) en het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN)¹⁴;
- De warmtevraag van kassen wordt ingeschat op basis van kasoppervlakte afkomstig van CBS en RVO;
- De ligging van industriële installaties is afkomstig uit het European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR);
- De energie vraag van de industrie wordt ingeschat op basis van de CO₂-emissie (volgens de Emissieregistratie van het RIVM¹⁵) en de gemiddelde energie mix van de sector (volgens CBS).

Potentiëlen voor warmte-koude opslag (met warmtepompen) zijn gebaseerd op de bodemgegevens van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI)¹⁶ en grondwaterstandgegevens van TNO (REGIS II)¹⁷.

Potentiëlen voor aardwarmte(geothermie) zonder warmtepomp zijn gebaseerd op gegevens van de geologische dienst van TNO (ThermoGis)¹⁸ en met behulp van gegevens die op basis van de mijnbouw wet worden verzameld door TNO.

Het potentieel van aquathermie voor warmte (met warmtepomp) of koeling is gebaseerd op gegevens van de Unie van Waterschappen en Deltares.

¹⁰ <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2019/14/vivet-betere-informatievoorziening-energietransitie>.

¹¹ Zie voor de gebruikte bronnen de WarmteAtlasCatalogus: <https://groepen.pleio.nl/file/download/61160011/Catalogus+WarmteAtlas>.

¹² <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag>.

¹³ <https://www.kadaster.nl/zakelijk/producten/geo-informatie/topnl>.

¹⁴ <https://www.ahn.nl/>.

¹⁵ <http://emissieregistratie.nl/erpubliek/bumper.nl.aspx>.

¹⁶ <http://www.nhi.nu/nl/index.php/data/>.

¹⁷ <https://www.dinoloket.nl/regis-ii-het-hydrogeologische-model>.

¹⁸ <https://www.thermogis.nl/>.

Het (potentieel) voor restwarmte in de Warmteatlas is afkomstig van:

- Restwarmte grote bedrijven voor direct gebruik is gebaseerd op gegevens van gemeenten en provincies die zij verzamelen op basis van de Wet Milieubeheer;
- Restwarmte datacentra met warmtepompen is verzameld door een adviesbureau¹⁹ en de Dutch Data Center Association (DDA);
- Condens warmte potentieel uit koelinstallaties met warmtepomp is ingeschat voor de voedselverwerkende industrie, slachthuizen, vrieshuizen en supermarkten op basis van het aantal medewerkers volgens de Kamer van Koophandel;
- Restwarmte afvalwater zuiveringsinstallaties met warmtepomp is bepaald door Unie van Waterschappen(UvW).

Gegevens over biogas (per gemeente) is gebaseerd op:

- Biogas berekend op basis van mestgegevens (CBS op basis van mestregistratie RVO);
- Biogas berekend op basis van gegevens over groente, fruit en tuinafval (afkomstig van CBS);
- Biogas berekend uit restfractie akkerbouw van aardappel, suikerbiet, graan en mais (CBS op basis van landbouwtelling RVO);
- Biogas uit gras (op basis van oppervlakte graslanden afkomstig van CBS op basis van landbouwtelling RVO).

Gegevens over infrastructuur voor de distributie van warmte en aardgas zijn afkomstig van netbeheerders.

Hieronder volgen enkele illustratieve voorbeeld van kaarten uit de Warmteatlas:

Figuur 2.6 Gebieden met woningen en kassen



Bron: Warmteatlas

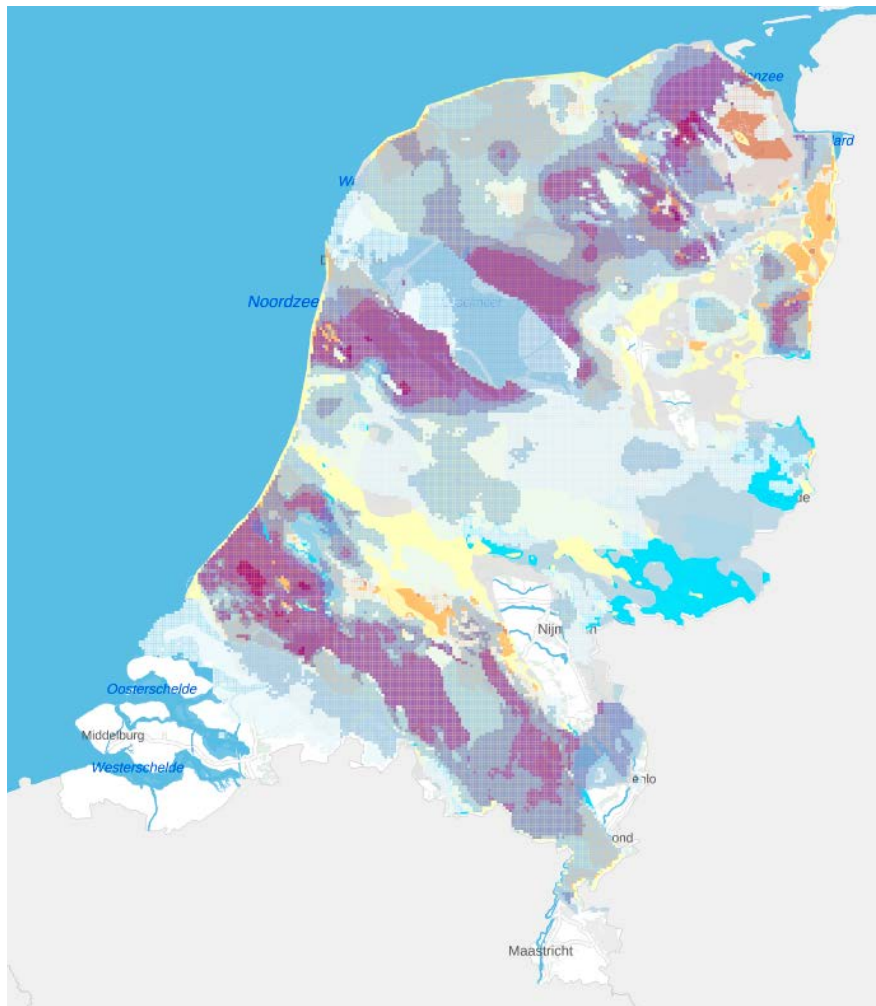
¹⁹ <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/11/Warmte%20uit%20datacenters%20-%20november%202018.pdf>.

Figuur 2.7 Grote stookinstallaties met een vermogen van meer dan 50 MW_{th} in 2017



Bron: Warmteatlas

Figuur 2.8 Potentieel voor geothermie; “P50Vermogen” geeft de kans van 50% op het genoemde vermogen aan



AardwarmteP50Vermogen

- 0-1 MWth per doublet (450 ha)
- 1,5 MWth per doublet (450 ha)
- 5-10 MWth per doublet (450 ha)
- 10-30 MWth per doublet (450 ha)
- > 30 MWth per doublet (450 ha)

Aardwarmte

- Potentieel: <30% kans op \geq 5 MWth vermogen, Temp >45C
- Potentieel: 30-50% kans op \geq 5 MWth vermogen, Temp >45C
- Potentieel: >50% kans op \geq 5 MWth vermogen, Temp >45C
- Ongunstig: Afzonderlijke aquifers > 10 m dik, Temp <45C
- Ongunstig: Afzonderlijke aquifers < 10 m dik, Temp <45C
- Ongunstig: Afzonderlijke aquifers < 10 m dik, Temp >45C

(bron: Warmteatlas)

De locatie van (thermische) hernieuwbare energie installaties die een subsidie (hebben) ontvangen vanuit de SDE(+)(+) regeling zijn ook via in de Warmteatlas te vinden.

3 Verwachte warmte- koude voorziening

3.1 Verwachte ontwikkelingen gebaseerd op de Klimaat- en energieverkenning

De verwachte vraag naar warmte en de energievoorziening die daarvoor nodig is, zijn door het Planbureau van de Leefomgeving geraamd in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2020 (PBL, 2020a). De KEV beschrijft zowel de realisaties (vanaf 2000) als de verwachte ontwikkelingen in de toekomst (tot en met 2030). De KEV geeft de meest plausibel geachte ontwikkelingen rond energie en broeikasgasemissies tot en met 2030 weer. De geschetste ontwikkelingen bevatten echter inherente onzekerheden, bijvoorbeeld rond de ontwikkeling van de prijzen van energiedragers en CO₂-emissierechten, onzekerheden over de gevolgen van beleid en de interactie met buitenlandse energiemarkten. Daarom worden rond de belangrijkste parameters bandbreedtes gegeven die deze onzekerheden reflecteren. De KEV geeft geen raming voor na 2030, omdat de exogene en beleidsmatige onzekerheden dermate groot zijn dat een scenario studie daarvoor passender is.

De geraamde vraag naar warmte en koude en de raming over de warmte- en koude voorziening is gebaseerd op alle relevante informatie die op 1 mei 2020 beschikbaar was, zoals verwachtingen over economische en sectorale ontwikkelingen, technologische ontwikkelingen, energie- en CO₂-prijzen en het vastgestelde en voorgenomen beleid.

Een deel van het voorgenomen beleid was destijds nog niet voldoende uitgewerkt en daarom niet meegenomen in de ramingen. In de geraamde ontwikkelingen van de warmtevoorziening zijn daarom cruciale beleidsmaatregelen nog niet meegenomen, zoals het pakket van maatregelen voor aardgasvrije wijken en de CO₂-heffing in de industrie. De hieronder beschreven raming ten aanzien van de vraag en het aanbod van warmte en koude is daarmee nog niet in lijn met de verwachte verduurzaming zoals is afgesproken in het Nationale Klimaatakkoord (zie hoofdstuk vier).

3.2 Vraag naar warmte en koude

Momenteel wordt ruim de helft van het finaal energieverbruik gebruikt voor warmte (zie paragraaf 2.1). Bijna de helft van het finaal energiegebruik voor warmte wordt gebruikt in de gebouwde omgeving, ruim 40 procent in de industrie en 10 procent in de landbouw. Deze verhouding in het finaal energiegebruik voor warmte verandert nauwelijks tot 2030, het aandeel van de gebouwde omgeving daalt enigszins en het aandeel van industrie en landbouw neemt iets toe.

In 2019 bedroeg het finaal energieverbruik voor warmte 969 petajoule en dit daalt in de raming met voorgenomen beleid naar 885 petajoule in 2030, exclusief het elektriciteitsverbruik voor warmte. In de gebouwde omgeving bedroeg het elektriciteitsverbruik voor warmte 12 petajoule in 2019 en dit stijgt in de raming naar 22 petajoule in 2030. Wanneer de warmte uit de bodem en buitenlucht wordt opgeteld bij dit elektriciteitsverbruik, dan stijgt het finale energieverbruik van warmtepompen in 2030 naar 44 petajoule; dat is 11 procent van het totale finale energieverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving.

3.3 Aanbod van warmte- en koude

Aandeel hernieuwbare warmte verdubbelt

Het finaal energieverbruik voor warmte is in 2019 voor 76 procent afkomstig uit aardgas (CBS en TNO, 2020). Dit aandeel daalt in 2030 in de raming met voorgenomen beleid naar ongeveer 68 procent. Het gaat dan voor een groot deel om het verbranden van aardgas in ketels voor eigen verbruik, maar ook om warmte afkomstig uit warmtekrachtinstallaties van de warmteverbruiker of van derden. Hernieuwbare energie was in 2019 goed voor circa 7 procent van de warmtevoorziening. Dit aandeel hernieuwbare warmte stijgt in de raming met voorgenomen beleid naar 13 procent in 2030. Overige energiedragers, zoals restgassen uit aardolie en steenkool, zijn goed voor circa 17 procent van het finaal energieverbruik voor warmte in 2019. Dit aandeel blijft ongeveer gelijk richting 2030.

Aandeel hernieuwbare warmte in warmtenetten stijgt fors

De warmtelevering uit warmtenetten stijgt in de raming van voorgenomen beleid van circa 25 petajoule in 2019 naar 32 petajoule in 2030. Dat is alleen stadsverwarming en exclusief stoomlevering aan de industrie. De raming voor 2030 bestaat uit 17 petajoule warmtelevering aan huishoudens, 10 petajoule warmtelevering aan diensten en 5 petajoule warmtelevering aan landbouw. De groei van warmtelevering aan de gebouwde omgeving is het gevolg van aardgasvrije

nieuwbouw en het plan Startmotor aardgasvrije wijken. De omvang van deze warmtelevering is in Nederland beperkt, en bedraagt enkele procenten van het totaal finaal energieverbruik voor warmte.

In het aanbod van warmte zijn fossiel gestookte warmtekrachtkoppeling-centrales dominant. Wel wordt de bijdrage van deze centrales steeds minder. De warmte voor warmtelevering kwam in 2019 voor circa 28 procent uit hernieuwbare bronnen, in de raming stijgt dat naar bijna 50 procent in 2030. De warmteproductie van afvalverbrandingsinstallaties blijft ongeveer constant op 5 petajoule, waarvan ongeveer de helft telt als hernieuwbare warmte. De warmteproductie uit biomassa stijgt van 6 petajoule in 2019 naar circa 15 petajoule in 2030. Daarnaast groeit de warmteproductie uit geothermie voor de gebouwde omgeving naar circa 2 petajoule in 2030. Samen is dat 20 petajoule hernieuwbare warmteproductie, na aftrek van warmteverlies in het net blijft hiervan circa 15 petajoule warmtelevering over. Daarnaast is rekening gehouden met 0,6 petajoule warmtelevering uit warmte- en koudeopslag (WKO). Samen is dat 20 petajoule hernieuwbare warmteproductie. Na aftrek van het warmteverlies in het net blijft hiervan circa 15 petajoule over voor warmtelevering.

Inzet biomassa voor warmte onzeker

De verduurzaming van warmtenetten wordt in deze KEV-raming dus vooral ingevuld met warmte uit biomassa. De raming is gemaakt voordat in juli 2020 het SER-advies 'Biomassa in balans' verscheen. De SER adviseert de inzet van bio grondstoffen voor laagwaardige toepassingen zoals warmte voor gebouwen in de komende jaren af te bouwen (SER, 2020). Daarmee is de raming van de verduurzaming van warmtenetten in deze KEV onzeker. In plaats van verduurzaming van de warmteproductie via biomassa zullen dan geothermie- en aquathermie projecten moeten worden ontwikkeld. Deze technologieën zijn duurder, innovatiever en kleinschaliger dan biomassa, waardoor verduurzaming mogelijk duurder wordt of meer tijd kost dan in deze raming is geschetst.

Stoomlevering aan industrie

Niet alleen warm water voor de gebouwde omgeving maar ook stoom voor de industrie kan via leidingen van de producent naar een of meer verbruikers worden getransporteerd. Stoom is veel lastiger over grote afstanden te transporteren dan warm water en de lengte van stoompijpen is doorgaans hooguit een paar kilometer. Stoomnetten bevinden zich in Nederland bij grote industriële clusters, zoals Chemelot in Geleen of het industriegebied bij Delfzijl. Ook in de Rotterdamse haven zijn een paar industrieclusters waar stoomuitwisseling plaatsvindt.

De totale warmtelevering aan de industrie in 2018 was 75 petajoule, waarvan 37 petajoule stoom geleverd via stoomnetten (CBS en TNO, 2020). Net als bij warmte voor de grote warmtenetten komt de meeste geleverde stoom uit WKK-installaties gestookt op fossiele brandstoffen, vaak aardgas maar ook restgassen. Afvalverbrandingsinstallaties leverden in 2019 zo'n 8 petajoule stoom aan de industrie, waarvan de helft als hernieuwbaar telt. Stoomlevering uit biomassa was in dat jaar 3 petajoule. De stoomlevering aan de industrie bedroeg ongeveer 70 petajoule in 2019 en kwam voor ongeveer 10 procent uit hernieuwbare bronnen. Er zijn geen gegevens over de geraamde levering van stoom aan de industrie.

DEEL II

4 Doelstellingen ten aanzien van warmte- en koude

4.1 Nationale klimaatdoelen en bijdrage aan Europese klimaat- en energiedoelen

In de Nederlandse klimaatwet zijn doelen gesteld ten aanzien van het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen. Nederland moet in 2030 49% minder broeikasgassen uitstoten dan in 1990. In 2050 dient de uitstoot met 95% lager te liggen, waarbij de elektriciteitsproductie CO₂-neutraal zal zijn²⁰. Aangezien verwarming en koeling een belangrijke bijdrage levert aan de nationale CO₂-uitstoot²¹, impliceren deze doelen vergaande verduurzaming van de warmte- en koude voorziening in Nederland.

Conform Europese afspraken draagt Nederland ook bij aan de Europese klimaat- en energiedoelen voor 2030. Deze doelen zijn weliswaar niet vertaald naar (energie voor) warmte- en koude, maar impliceren een significante verduurzaming van (energie voor) het warmte- en koude verbruik in Nederland. In het Integrale Nationale Energie- en Klimaatplan (INEK) dat Nederland eind 2020 bij de Europese Commissie heeft ingediend zijn gemeld²²:

- 1) Nederland streeft naar een primair energieverbruik van 1.950 petajoule in 2030 (exclusief verbruik voor niet-energetische doeleinden) in het kader van artikel 3 van de Europese richtlijn 2012/27. In termen van finaal energieverbruik wordt deze bijdrage vertaald in een verwacht finaal energieverbruik van 1.837 petajoule in 2030;
- 2) De energiebesparingsverplichting voor de periode 2021 tot en met 2030 volgens artikel 7 van de Europese richtlijn 2012/27 bedraagt voor Nederland cumulatief 924 petajoule²³. Deze besparing dient met nationaal beleid gerealiseerd te worden;
- 3) Nederland richt zich erop om in ieder geval een aandeel van 27% hernieuwbare energie te realiseren, met een indicatief traject van minimaal 16,3% in 2022, 19,6% in 2025 en 22,5% in 2027, volgens artikel 4 van de Europese verordening 2018/1999;
- 4) Verhogen van het aandeel hernieuwbare energie van de verwarmings- en koelsector met gemiddeld 1,3% per jaar (het verbruik van restwarmte wordt daarin meegeteld) volgens artikel 23 van de Europese richtlijn 2018/2001; het gebruik van hernieuwbare energie en restwarmte in de geleverde warmte door middel van stadsverwarming zou gemiddeld ten minste 1% per jaar moeten toenemen (artikel 24);
- 5) Indicatieve mijlpalen voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving conform artikel 4 lid b) punt 3) van de Europese verordening 2018/1999. Nederland drukt deze uit in een indicatieve maximale uitstoot van broeikasgassen: 15,3 in 2030, 8,4 in 2040 en 1,5 in 2050 (in Mton CO₂-equivalenten).

4.2 Sectorale streefwaarden en mijlpalen

In het Klimaatakkoord zijn indicatieve sectorale streefwaarden opgenomen om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met 49% te verminderen (zie tabel 4.1). Alhoewel deze niet specifiek gelden voor warmte en koude, impliceren deze streefwaarden dat de warmte en koude sterk verduurzaamd zal moeten worden. Het Klimaatakkoord benoemt wel enkele specifieke mijlpalen ten aanzien van warmte en koude (zie tabel 4.1).

²⁰ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0042394/2020-01-01>.

²¹ Van het nationale finale energieverbruik werd in 2019 ruim de helft gebruikt voor warmte. De meeste warmte wordt opgewekt door de verbranding van fossiele brandstoffen (zie paragraaf 2.1).

²² https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans_en.

²³ In INEK is 925 petajoule als verwachte energiebesparingsverplichting vermeldt (pagina 38). Op basis van nieuwe (nu definitieve) statistieken over 2016, 2017 en 2018, bedraagt de energiebesparingsverplichting 924 petajoule.

Tabel 4.1 Sectorale restemissie van broeikasgassen en specifieke mijlpalen ten aanzien van warmte en koude volgens het Klimaatplan

Sector ²⁴	Emissie in 2019 (Mton CO ₂ -equivalenten) ²⁵	Rest emissie in 2030 (Mton CO ₂ -equivalenten, inclusief bandbreedte) ²⁶	Specifieke mijlpalen ten aanzien van warmte en koude
Gebouwde omgeving	23,3	15,2 – 17,7	<ul style="list-style-type: none"> In 2030 zijn 1,5 miljoen bestaande woningen en gebouwen aardgasvrij gemaakt; In 2030 is de CO₂-intensiteit van de geleverde warmte aan woningen met 70% gereduceerd t.o.v. de huidige cv-ketel. In 2050 is de geleverde warmte volledig duurzaam;
Industrie	56,7	39,9	<ul style="list-style-type: none"> Innovaties rond elektrificatie en CO₂-vrije warmtesystemen Totstandkoming benodigde infrastructuur
Landbouw (waar onder glastuinbouw ²⁷)	26,4	20,2-22,8	<ul style="list-style-type: none"> Een externe warmtevoorziening voor de glastuinbouwsector van in totaal 10 petajoule op jaarbasis; Realisatie van 35 extra geothermie projecten in de periode t/m 2030

Bronnen: emissie in 2019 (RIVM, 2020); restemissie en specifieke mijlpalen (EZK, 2020a).

²⁴ De reducties en mijlpalen voor sectoren elektriciteit, mobiliteit en landgebruik zijn niet genoemd, omdat deze sectoren een beperkt energieverbruik voor warmte- en koude kennen.

²⁵ Op basis van voorlopige statistieken.

²⁶ Restemissies zijn de geraamde uitstoot in 2030 volgens het basispad uit de Klimaat- en Energie Verkenning van PBL uit 2019 vermindert met de reducties afgesproken in het Klimaatakkoord.

²⁷ De beoogde bijdrage van glastuinbouw aan de totale emissiereductie door de landbouwsector bedraagt volgens het Nationale Klimaatakkoord 1,8-2,9 Mton CO₂-reductie.

5 Beleidsmaatregelen ten aanzien van warmte- en koude

5.1 Nationale klimaat- en energiebeleid

Het huidige Nederlandse klimaat- en energiebeleid wordt omschreven in het vijfjaarlijkse klimaatplan dat in 2020 voor het eerst is gepubliceerd voor de periode 2021 t/m 2030²⁸. Het daarin opgenomen beleid is voornamelijk gebaseerd op het Nationale Klimaatakkoord van juni 2019, waarin overheden, bedrijven en andere organisaties afspraken hebben gemaakt over het treffen van maatregelen om het reductiedoel van 49% te halen²⁹. De belangrijkste onderdelen daaruit zijn beschreven in het Integrale Nationale Energie- en Klimaatplan (INEK) dat Nederland eind 2020 bij de Europese Commissie heeft ingediend. In lijn met het bredere energie- en klimaatbeleid van Nederland, sturen beleidsmaatregelen primair op de reductie van de uitstoot van broeikasgassen. Deze beleidsmaatregelen zijn zowel gericht op het verminderen van het energiegebruik als het vergroten van het aandeel hernieuwbare energie. Zoals ook voor de doelen en streefwaarden zoals in hoofdstuk vier zijn beschreven, geldt ook voor de beleidsmaatregelen dat veel daarvan (sterk) zullen bijdragen aan het verduurzamen van het warmte- en koude verbruik in Nederland.

In de volgende alinea's wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste (generieke) beleidsmaatregelen voor de gebouwde omgeving, de industrie en de glastuinbouw die zullen bijdragen aan de verduurzaming van het warmte- en koude verbruik in Nederland. In bijlage II is een overzicht opgenomen met een overzicht van alle (generieke) beleidsmaatregelen die van belang zijn voor de verduurzaming van de warmte- en koude voorziening in Nederland.

5.2 Generieke beleidsmaatregelen

Nederland heeft verschillende beleidsmaatregelen geïmplementeerd die niet beperkt zijn tot een enkele sector. Doelgroepen uit verschillende sectoren kunnen veelal gebruikt maken van deze generieke beleidsmaatregelen. Het gaat hier om energiebelastingen, milieuwetgeving en verschillende subsidies en/of fiscale voordelen voor het treffen van energiebesparende maatregelen en investeringen in hernieuwbare energie en/of CO₂-emissie-reducerende technologieën. Ook bestaan zijn beleidsmaatregelen die innovaties van energietechnologieën stimuleren.

5.3 Beleid gebouwde omgeving

De grootste uitdaging in de gebouwde omgeving ligt bij het isoleren en aardgasvrij maken van de reeds bestaande bebouwing, met ruim 1,5 miljoen woningen en andere gebouwen in 2030. Hieronder vallen (particuliere) koopwoningen, huurwoningen en utiliteitsbouw. In 2050 moeten alle ruim 7 miljoen woningen en 1 miljoen andere gebouwen zijn verduurzaamd. Het nationale beleid omvat een breed palet aan maatregelen, met een mix van thematische en doelgroepgerichte instrumenten. Er zijn zowel maatregelen die op korte termijn kosteneffectieve energiebesparende ingrepen in gebouwen bevorderen als maatregelen die diepgaande renovatie van gebouwen mogelijk maken. De aanpak om de gebouwde omgeving te verduurzamen volgt twee sporen: het ondersteunen en ontzorgen van individuele woningeigenaren en een wijkgerichte aanpak.

Om individuele woningeigenaren te ondersteunen en te ontzorgen bij het verduurzamen van hun woning is inzicht in de (technische) mogelijkheden en financiële ondersteuning van belang. Een isolatie standaard per woningtype gaat eigenareninzicht geven in de opgave om hun woning verder te isoleren. Deze standaard wordt vertaald in streefwaarden per isolatiemaatregel. Andere maatregelen, zoals een digitaal platform dat woningeigenaren informatie verschaft over verduurzamingsmaatregelen en de bijbehorende indicatieve energiebesparing, dragen daar verder aan bij. Woningeigenaren kunnen voor financiële ondersteuning een beroep doen op regelingen als de Investeringssubsidie Duurzame Energie (ISDE) en de Stimuleringsregeling Energiebesparing Eigen Huis (SEEH)³⁰.

²⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2020/04/24/klimaatplan-2021-2030>.

²⁹ <https://www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord>.

³⁰ De SEEH-regeling voor woningeigenaren wordt vanaf januari 2021 opgenomen in de ISDE-regeling.

De wijkgerichte aanpak is gericht op het wijk-voor-wijk verduurzamen van de gebouwde omgeving. Zo kunnen zowel de bewoners als de gebouweigenaren (zoals bakkers, scholen en anderen) betrokken worden bij de verduurzaming van de wijk. Ook is de wijk de makkelijkste schaal om stap voor stap en op natuurlijke momenten een alternatief voor aardgas toe te passen en de kosten te beperken. De gemeente heeft de regie over de wijkgerichte aanpak. Om te leren hoe de wijkgerichte aanpak uitgevoerd kan worden, is er in 2018 gestart met proeftuinen aardgasvrije wijken. Binnen de huursector spelen de corporaties een belangrijke rol om een eerste start te maken met de verduurzaming van hun woningvoorraad. Ook andere grote verhuurders gaan afspraken over tussendoelen maken. Woningcorporaties hebben vaak grote hoeveelheden vergelijkbare woningen in bezit. Dit maakt hen een geschikte partij om als startmotor te dienen en de verduurzaming van de gebouwde omgeving op gang te brengen. De startmotor is de eerste opschaling van de verduurzaming van de woningvoorraad. Door op korte termijn 100.000 woningen op warmte aan te sluiten (warmtenetten of warmtepompen) kan een eerste slag worden gemaakt in de kostenreductie van de verbouwing en het reduceren van CO₂-uitstoot. Corporaties kunnen aanspraak maken op financiële middelen die hen ondersteunen om hun woningvoorraad te verduurzamen. Zo komt er financiële ondersteuning via de Renovatieversneller en is er een korting op de Verhuurderheffing voor corporaties die willen verduurzamen.

Bij de utiliteitsbouw wordt gekeken naar het verduurzamen van bestaande bebouwing in het commercieel en maatschappelijk vastgoed, zoals kantoorpanden, scholen en zorginstellingen. Hierbij wordt in samenwerking met koepelorganisaties een samenhangend pakket van normering en ondersteunende instrumenten ingezet. De belangrijkste maatregel is het instellen van een wettelijke energieprestatienorm voor gebouwen vanaf 2021. Deze bestaat uit een streefnorm voor 2030. Voor 2050 geldt een wettelijke eindnorm. Op dat moment moeten alle utiliteitsgebouwen CO₂-arm zijn gemaakt

De aanpak die Nederland hanteert voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving is nader beschreven en toegelicht in de Lange termijn renovatiestrategie die Nederland in maart 2020 naar de Europese Commissie heeft gestuurd³¹.

5.4 **Beleid industrie**

In 2050 zal in Nederland een bloeiende, circulaire en mondiaal toonaangevende industrie zijn verwezenlijkt waar de uitstoot van broeikasgassen nagenoeg nul is. De opgave voor de industrie vereist een toekomstgerichte publiek-private aanpak waarbij het bedrijfsleven investeert in een duurzame toekomst, de overheid dat gericht faciliteert en ondersteunt en waarin de focus ligt op creatie van (nieuwe) waarde.

De industrie kan de transitie vormgeven met maatregelen als procesefficiency, energiebesparing, CCS, elektrificatie, gebruik van blauwe en groene waterstof en de versnelling van de circulariteit (zoals plastics recycling, biobased grondstoffen of steelzchemicals). Blauwe waterstof (een combinatie van fossiel opgewekte elektriciteit en CCS), groene waterstof (op basis van hernieuwbaar opgewekte elektriciteit) en circulaire economie zijn dan bij uitstek de thema's waar Nederland zich internationaal op kan onderscheiden.

Veel kan en moet de industrie zelf doen: alleen al voor de klimaatopgave tot 2030 zal de industrie naar verwachting € 10 à 15 miljard moeten investeren³². Er worden diverse beleidsmaatregelen ingezet om de industrie te stimuleren om hun broeikasgasemissies te reduceren. Zo valt industrie grotendeels onder het emissierechtensysteem van de EU (ETS). Daarnaast worden de nationale beleidsmaatregelen ingezet, zoals:

- **Wet Milieubeheer:** In de Wet milieubeheer is nu opgenomen dat bedrijven energiebesparings-maatregelen dienen te treffen die zichzelf in vijf jaar of minder terugverdienen. Bij de actualisatie van de wet Milieubeheer zet het kabinet in op een integrale klimaatbenadering, waarbij zowel energiebesparende maatregelen als duurzame energieopwekking tot de mogelijkheden behoren;
- **Nationale CO₂-heffing:** vanaf 2021 komt er een nationale CO₂-heffing die borgt dat 14,3 Mton uitstootreducties ten opzichte van het basispad in 2030 wordt gerealiseerd en een reductie van 14,3 Mton wordt bereikt. Het betreft een door de overheid vastgestelde, objectieve CO₂-heffing op basis van verifieerbare maatstaven die maximaal aansluit op de Europese ETS-benchmarks;

³¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/03/06/lange-termijn-renovatiestrategie-op-weg-naar-een-co2-arme-gebouwde-omgeving>.

³² <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2020/05/15/kamerbrief-met-visie-kabinet-op-verduurzaming-basisindustrie-2050>.

- Subsidie voor CO₂-reducerende maatregelen: De uitrol van CO₂-reducerende maatregelen wordt ondersteund met de SDE++. Om te zorgen dat de inzet van CCS niet ten koste gaat van technieken die voor de lange termijn transitie nodig zijn, is de subsidiëring met SDE++ van CCS beperkt tot technieken, processen en sectoren zonder kosteneffectief alternatief en geldt er een plafond voor subsidiëring van industriële CCS van 7,2 Mton
- Clusteraanpak: een groot deel van de industriële emissies vindt plaats in regionale clusters. In elk van de vijf industriële regio's zal, mede met ondersteuning van het Rijk, een meerjarig industrieel koplopers programma worden ontwikkeld waarin efficiëntieverbetering hand in hand gaat met verduurzaming van grondstoffengebruik en CO₂-reductie.

Voor het oplossen van coördinatieproblemen (bijvoorbeeld bij aanleg van infrastructuur en bij kennisontwikkeling), verlaging van technische opschalingsrisico's, volloopriscico's en voor lange-termijn investeringszekerheid in wet- en regelgeving is een publieke taak weggelegd. De overheid zal op een viertal punten de regie pakken: het stimuleren van innovatie, het ondersteunen van opschaling van gedemonstreerde innovaties, faciliteren van de benodigde infrastructuur en wetgeving. Het kabinet werkt aan een Programma Energie Hoofdstructuur (PEH), gericht op het tijdig bieden van voldoende ruimte voor de nationale energiehoofdstructuur³³.

5.5 **Beleid glastuinbouw**

In het Klimaatakkoord heeft de glastuinbouwsector de ambitie vastgelegd om in 2040 volledig klimaatneutraal te zijn. De transitie in de glastuinbouw is mede afhankelijk van externe partijen die levering van afgevangen CO₂ en restwarmte aan de sector mogelijk moeten maken.

In het Energieakkoord uit 2013 is met de glastuinbouwsector een CO₂-plafond afgesproken. Dit systeem wordt voorgezet tot 2030. Onderzocht wordt of individualisering van CO₂-emissieruimtes mogelijk is. De transitie wordt actief ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', wat een onderdeel vormt van de meerjarenafspraken energietransitie glastuinbouw. Dit programma is een publiek-private samenwerking tussen de sector en het ministerie van LNV waarin een breed instrumentarium wordt ingezet: van kennis- en innovatieontwikkeling en kennisverspreiding tot het verstrekken van subsidies via de subsidieregelingen Energie-efficiëntie Glastuinbouw (EG) en de Marktintroductie Energie-Innovaties glastuinbouw (MEI).

In bijlage II is een overzicht te vinden van de individuele beleidsmaatregelen die relevant zijn voor het warmte- en koude verbruik in de gebouwde omgeving, industrie en glastuinbouw.

³³ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/rapporten/2020/05/20/startnotitie-programma-energiehoofdstructuur>.

DEEL III

6 Analyse potentieel voor efficiënte verwarming en koeling

In dit hoofdstuk wordt een analyse gegeven over het economische potentieel voor een efficiëntere en duurzamere warmtevoorziening in de gebouwde omgeving, industrie en glastuinbouw te verduurzamen. De analyses zijn gebaseerd op studies die aansluiten op de huidige, nationale beleidspraktijk (zoals beschreven in hoofdstuk vier en vijf). Het gaat hier zowel om sectorspecifieke studies als ook de resultaten uit een nationale studie van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) uit 2018 naar het potentieel en kosten³⁴ van maatregelen om de nationale broeikasgasemissies met 49% te kunnen verminderen in 2030 t.o.v. 1990 (PBL, 2018). De in deze studie onderzochte maatregelen hebben dus niet alleen betrekken op de verduurzaming van de warmte- en koude voorziening, maar ook bv op de elektriciteitsvoorziening.

De potentieel analyse is niet uitgewerkt voor koude, omdat de vraag naar koeling – en daarmee ook het potentieel voor efficiëntere en duurzamere koeling – in Nederland heel beperkt is (zie paragraaf 2.1). Ook zijn er relatief weinig gegevens over het potentieel van efficiëntere en duurzamere koudetechnieken bekend. Voor de koeling van gebouwen zijn wel factsheets gemaakt over diverse koudetechnieken, waarin wordt ingegaan op de duurzaamheid ervan, de toepassing en het gebruik ervan, de stand van de techniek en de rol van gebruikers. De factsheets zijn te raadplegen op de website van de Topsector Energie³⁵. De inschatting is dat de koude vraag sterk kan toenemen. Voor Europa wordt ruim 50% groei verwacht tot 2030. Aangezien in Nederland de koude vraag nog beperkt is, kan de groei nog meer zijn.

6.1 Potentieel in de gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving bestaat uit woningen en gebouwen in de sector handel, diensten en overheid. De energievraag bestaat voornamelijk uit warmtevraag voor ruimteverwarming, warm tapwater en koken, en uit elektriciteitsvraag voor apparaten en verlichting. De maatregelen voor emissiereductie zijn zeer divers, en de kosten variëren sterk, afhankelijk van de specifieke maatregel, de specifieke situatie waarin ze toegepast worden en het moment waarop ze toegepast worden (nieuwbouw, bestaande bouw wel/niet natuurlijk vervangingsmoment, wel/niet bij grootschalige renovaties). Groen gas en warmte netten zijn maatregelen die bij meer sectoren toepasbaar zijn dan alleen bij de gebouwde omgeving.

Tabel 6.1 geeft een overzicht van technische potentiëlen in 2030 voor de gebouwde omgeving. De potentiëlen zijn niet optelbaar, omdat deze (deels) kunnen overlappen of een combinatie kunnen zijn van afzonderlijke maatregelen. Nul-op-de-meter (NOM) renovatie is bijvoorbeeld een combinatie van vergaande isolatie, zon-PV, warmteterugwinning etc.

³⁴ De kosten genoemd in (PBL, 2018) betreffen de nationale kosten volgens de milieukostenmethodiek (VROM, 1998). Daarmee geven ze een beeld van de kosten voor de Nederlandse samenleving als geheel, ongeacht wie deze draagt. Het gaat daarbij om netto meerkosten ten opzichte van het referentiescenario (de Nationale Energie Verkenning van ECN en PBL uit 2017 uitgaande van vastgesteld en voorgenomen beleid, maar zonder openstellingen van de SDE+ regeling na 2019). De kosten zijn niet constant in de tijd maar hangen af van de toekomstige kosten van technologieën en toekomstige brandstofprijzen, die veelal weer afhangen van internationale ontwikkelingen. De kosten voor de overheid en de kosten voor eindgebruikers zoals huishoudens of bedrijven verschillen van de nationale kosten, onder andere vanwege heffingen, subsidies en verschillen in rentevoeten en afschrijvingstermijnen die door eindverbruikers worden gehanteerd.

³⁵ <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/kennisbank/factsheets-koudetechnieken>.

Tabel 6.1 Potentieel en nationale kosten van CO₂-emissie reducerende maatregelen in de gebouwde omgeving in 2030

Optie	Technisch potentieel [Mton]	w.v. direct	w.v. indirect	Kosten [M€]	Kosten-effectiviteit [€/ton]
Woningen					
A+++ apparaten	0,5	0,1	0,4	-10	-30 (-70 tot 240)
Zon-PV	4,9	0	4,9	540	110
Warmtelevering nieuwbouw	0,2	0,6	-0,4	50	230
Isolatie	3,3	3,3	0	970	300 (-100 tot 750)
Nul-op-de-meterrenovatie	12	11	1	4800	400
All-electric nieuwbouw	0,03	0,6	-0,6	15	460
Warmtepomp/zonneboiler	5,5	9	-3,5	2650	490 (190 tot 880)
Warmteterugwinning	1,8	2,4	-0,6	1400	810 (570 tot 1100)
Regel- en feedback/optimalisatie	1,7	1,4	0,3	5200	3080 (-180 tot 5050)
Handel, diensten en overheid					
LED-verlichting	0,9	0	0,9	0	0
Warmteterugwinning	0,7	0,6	0,1	0	0
Zon-PV	3,4	0	3,4	40	10
Optimalisatie energiegebruik	2,7	0,7	2	220	80 (-170 tot 490)
Zonneboiler/warmtepomp	0,8	2	-1,2	60	80 (80 tot 290)
All-electric nieuwbouw	0,1	0,6	-0,5	10	150
Warmtelevering nieuwbouw	0,2	0,6	-0,4	40	230
Warmte-koude-opslag	1,7	2,3	-0,6	470	280 (280 tot 290)
Isolatie	1,7	1,6	0,1	3200	1870 (70 tot 6640)

Bron: PBL, 2018

Nederland heeft ervoor gekozen om de verantwoordelijkheid voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving bij de gemeenten te leggen. Alle gemeenten moeten uiterlijk eind 2021 (op wijkniveau) een plan maken hoe ze de gebouwde omgeving willen verduurzamen. Ze moeten aangeven welke wijken ze voor 2030 willen aanpakken en wat het eindbeeld is voor 2050. Het streven is dat in 2030 1,5 miljoen woningen aardgasvrij zijn gemaakt, zoals is afgesproken in het Klimaatakkoord. Voor het maken van deze analyse is een leidraad³⁶ beschikbaar gesteld waarin per buurt van de gemeente (er zijn 13.808 buurten in Nederland) is aangegeven wat de nationale kosten zijn om van het aardgas af te gaan. Er zijn vijf strategieën (per buurt en gemeenten) doorgerekend:

1. Individuele elektrische warmtepomp
2. Een warmtenet met een midden- of hoge temperatuurbron
3. Een warmtenet met een lage temperatuurbron
4. Groengas
5. Waterstof

De doorrekeningen (per buurt en gemeenten) zijn te vinden in de viewer van de startanalyse:

<https://expertisecentrumwarmte.nl/leidraad/startanalyse/default.aspx>. In deze viewer is per buurt te zien wat de kosten zijn van de verschillende strategieën. De gemeente kan dit als basis gebruiken voor hun transitievisie warmte, aangevuld met een lokale analyse, input van de relevante stakeholders en inhoudelijke informatie over de strategieën.

Ter ondersteuning van de gemeenten bij het opstellen van deze visie is er een Expertise Centrum Warmte (ECW) opgericht³⁷. De doorrekening is gemaakt door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Alle input is in een aantal

³⁶ <https://www.expertisecentrumwarmte.nl/leidraad/default.aspx>.

³⁷ Zie www.expertisecentrumwarmte.nl.

stakeholderbijeenkomsten gevalideerd en het hele model is opensource³⁸. Het model gebruikt als input o.a. een database met alle gebouwen in Nederland, de berekende warmtevraag van de gebouwen op basis van leeftijd en energielabel, overzicht van de warmtebronnen (zie de Warmteatlas) en kengetallen over de kosten van technologieën.

Aanvullend aan deze doorrekening wordt er eind 2020 een onderzoek verwacht over de eindverbruikerskosten. Het doel is gemeenten inzichten te geven over de eindgebruikerskosten bij de opstelling van de transitievisie warmte. Dit onderzoek geeft een integraal beeld van meest voorkomende woningtypen en geeft inzicht waar verduurzaming nu al loont en welke strategieën welke eindgebruikerskosten tot gevolg hebben (BZK, 2020a).

Voor gemeenten die de inzet van warmtebronnen buiten de eigen gemeente overwegen, levert elke RES-regio een Regionale Structuur Warmte (RSW) op, als onderdeel van de Regionale energiestrategie. Deze RSW geeft inzicht in (potentiële) bronlocaties, hun omvang en een verwachting (of en) per wanneer deze bron beschikbaar is³⁹.

Om alvast ervaring op te doen is er een programma aardgasvrije wijken waarin subsidie wordt gegeven aan gemeenten om in een proeftuin ervaring op te doen met het realiseren van een aardgasvrije wijk⁴⁰. Er zijn momenteel 27 proeftuinen (zie figuur 6.1). Voor de tweede ronde proeftuinen aardgasvrije wijken hebben 71 gemeenten een aanvraag ingediend en zijn er 19 gehonoreerd (BZK, 2020b). Geselecteerde gemeenten ontvangen een financiële bijdrage van het Rijk om bestaande woningen en andere gebouwen via een wijkgerichte aanpak aardgasvrij of aardgasvrij-ready te maken.

³⁸ Zie www.pbl.nl/vesta.

³⁹ <https://www.regionale-energiestrategie.nl/ondersteuning/handreiking/opgave+res/34+opgave+gebouwde+omgeving/default.aspx>

⁴⁰ <https://www.aardgasvrijewijken.nl>.

Figuur 6.1 Proeftuinen aardgasvrije wijken (eerste ronde) (bron: Programma Aardgasvrije Wijken)



Grijze bolletjes: proeftuinen aardgasvrije wijken 2^e ronde (oktober 2020)
Gele bolletjes: proeftuinen aardgasvrije wijken 1^e ronde (oktober 2018)

6.2 Potentieel in de industrie

Nederland streeft naar een bloeiende, circulaire en mondiaal toonaangevende industrie waar de uitstoot van broeikasgassen in 2050 nagenoeg nul is. In het Klimaatakkoord is afgesproken om de emissie van broeikasgassen in 2030 te beperken tot 39,9 Mton CO₂-equivalenten. In de (energie-intensieve) industrie domineert het energiegebruik voor allerlei zeer diverse processen (hoge- en lage temperatuurwarmte, elektriciteit). De maatregelen om energie te besparen zijn vaak proces-specifiek. De maatregelen die PBL in 2018 heeft onderzocht zijn onderverdeeld in zeer grove categoriseren (zie tabel 6.2). Vergeleken met andere sectoren zijn de beschikbare gegevens voor de industrie minder actueel, en minder goed bekend voor de Nederlandse situatie. Potentiëlen en kosten voor de industrie zijn daarmee meer indicatief.

Tabel 6.2 Potentieel en nationale kosten van CO₂-emissie reducerende maatregelen in de industrie in 2030

Optie	Technisch potentieel [Mton]	w.v. direct	w.v. indirect	Kosten [M€]	Kosten-effectiviteit [€/ton]
Elektrificatie industrie	-2,4	5,4	-7,8	570	nvt
Recycling	2,2	1,9	0,3	-310	-140 (-160 tot -120)
Procesefficiency kosten laag	3,3	3,1	0,2	-410	-120 (-190 tot -50)
Procesefficiency kosten middel	1	0,7	0,3	-30	-30 (-50 tot 0)
Procesefficiency kosten hoog	3,2	2,3	0,9	100	30 (10 tot 50)
CCS Industriële procesemissies laag (NH ₃ -productie, H ₂ -productie)	1,5	1,5	0	55	50
CCS Industriële emissies staalindustrie	5,5	5,5	0	290	40 - 60
CCS Raffinaderijen (excl. waterstof)	6	6	0	520	60 - 100
CCS Industriële emissies algemeen	10,5	10,5	0	1085	70 - 120
CCS AVI's	3	3	0	335	85 - 135
CCS Kolencentrales	13	13	0	455	35
CCS Gascentrales	4,1	4,1	0	255	62
Biomassaketels industrie	7,9	7,9	0	760	95 (70-150)

Bron: PBL, 2018

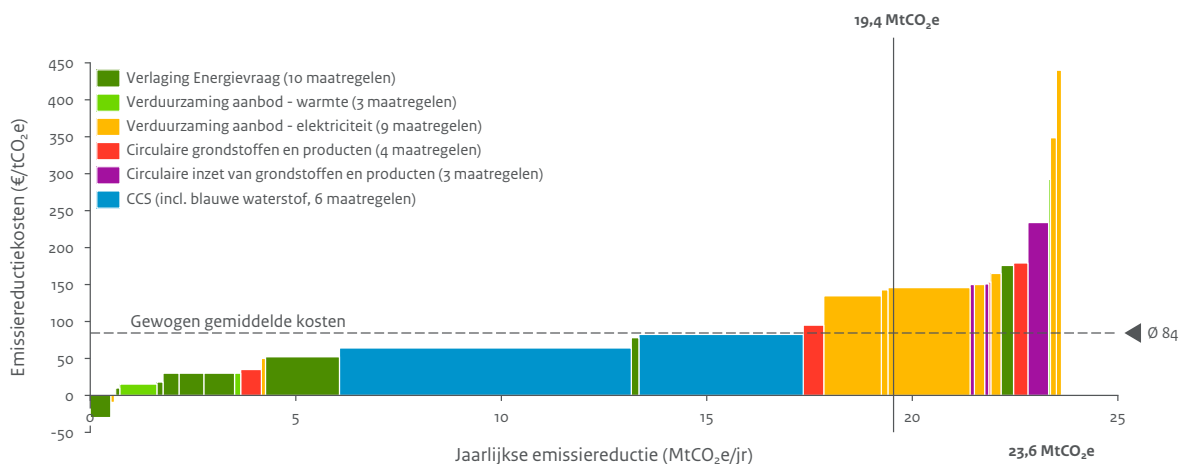
Ter ondersteuning van de onderhandelingen over afspraken voor de industrie in het klimaatakkoord uit 2019 heeft Navigant (2018) een studie gedaan naar de kosten⁴¹ om de emissie van broeikasgassen te reduceren⁴². In vergelijking met de studie van PBL uit 2018, is deze studie ten aanzien van de industrie meer specifiek. In deze studie zijn niet alleen maatregelen meegenomen die de warmte- en koude vraag verduurzamen, zoals het verminderen van de energievraag en het verduurzamen van het aanbod van warmte, maar ook naar andere maatregelen die CO₂-emissies reduceren zoals het verduurzamen van elektriciteitsopwekking en het afvangen en opslaan van CO₂ (CCS). De door Navigant genoemde kosten zijn dus niet specifiek op warmte en koude maatregelen gericht. Ook is het gebruik van restwarmte door gebouwen en kassen als maatregel meegenomen, welke echter tot een emissiereductie buiten de industrie zal leiden.

Het jaarlijkse reductiepotentieel tot 2030 wordt door Navigant ingeschat op 23,6 Mton CO₂-equivalenten (zie figuur 6.2). De gemiddelde kosten per gereduceerde ton CO₂ ligt op 89 euro. Hierin zijn alleen maatregelen meegenomen die de emissies van de Nederlandse industrie verminderen. Emissiereducties buiten de industrie worden niet meegenomen. Levering van restwarmte naar warmtenetten is bijvoorbeeld buiten beschouwing gelaten. Ook zijn investeringen in elektriciteitsinfrastructuur niet meegenomen.

⁴¹ Inclusief OPEX en verdisconteerde CAPEX, uitgaande van een discontovoet van 10% en een afschrijftermijn van 15 jaar.

⁴² Om de afspraken na te komen, ging de studie er destijds vanuit dat emissies in 2030 met 19,4 Mton CO₂-equivalenten zijn gereduceerd ten opzichte van de situatie zoals bekend in 2018.

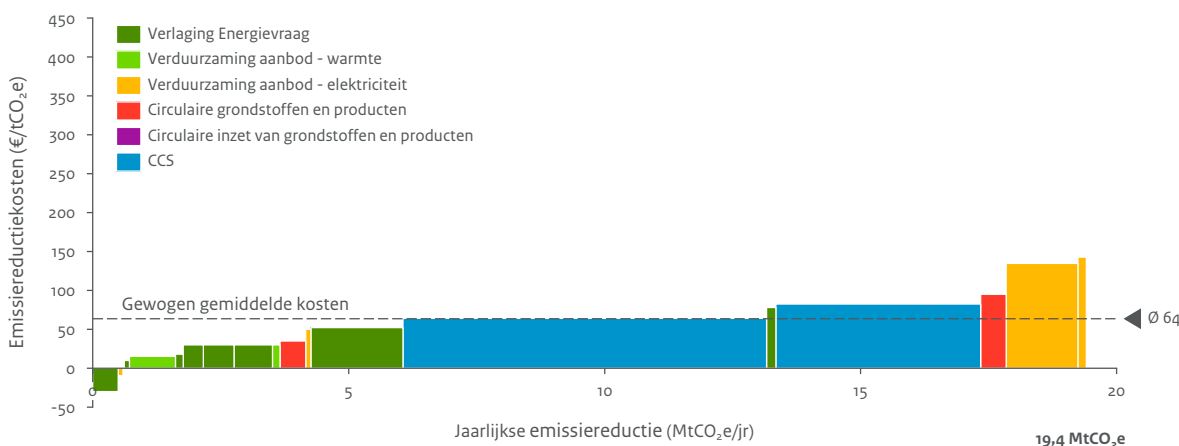
Figuur 6.2 Kostencurve potentiële maatregelen om broeikasgasemissies in de industrie te reduceren



Bron: Navigant, 2018

In het geval de meest goedkope maatregelen worden getroffen om de emissies jaarlijks met 19,4 Mton CO₂-equivalenten te reduceren, nemen de gemiddelde gewogen emissiereductiekosten af tot 64 euro per ton CO₂ (met een onzekerheidsmarge van ±19 euro per ton) (zie figuur 6.3). De totale reductie door CCS (incl. blauwe waterstof) telt op tot 11,1 Mton. Indien de inzet van CCS wordt beperkt tot een reductie van 7 Mton CO₂ per jaar, dan zullen duurdere maatregelen moeten worden ingezet om de klimaatopgave binnen bereik te brengen. De gemiddelde kosten zullen dan stijgen tot 83 euro per ton gereduceerde CO₂.

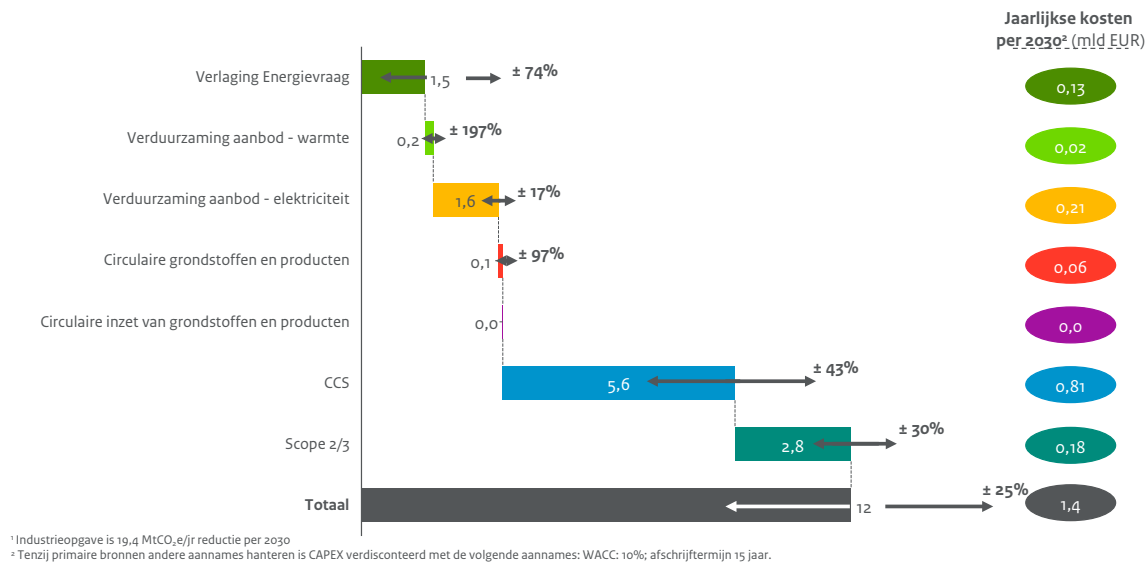
Figuur 6.3 Kostencurve potentiële maatregelen om broeikasgasemissies in de industrie te reduceren



Bron: Navigant, 2018

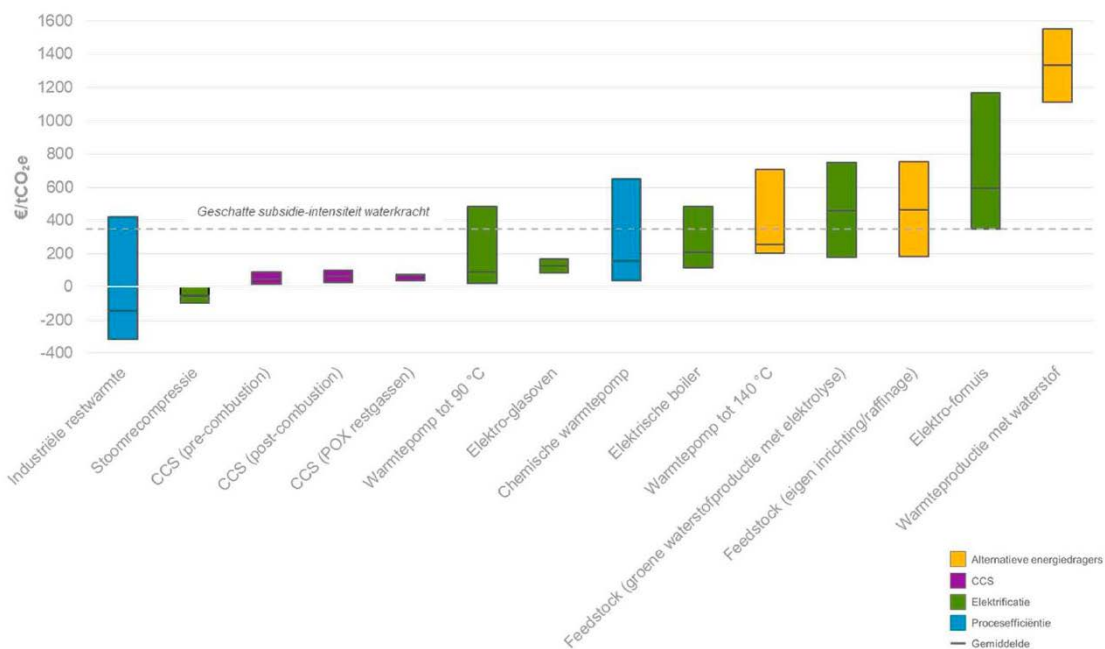
De cumulatieve kosten tot 2030 bedragen naar schatting 9 tot 15 miljard euro (Navigant, 2018), inclusief maatregelen die emissies buiten de industrie verminderen. Per 2030 zijn de jaarlijkse kosten in dat geval 1,4 miljard euro, waarvan circa 0,2 miljard euro voor maatregelen die emissies buiten de industrie verminderen.

Figuur 6.4 Jaarlijkse kosten per 2030 voor de reductie opgave voor de industrie (in miljarden euro's)



Bron: Navigant, 2018

Figuur 6.5 Geschatte subsidie-intensiteit voor SDE++ technologieën



Bron: Navigant, 2019

In navolging op de studie uit 2018, heeft Navigant in 2019 onderzocht in hoeverre 20 industriële technologieën mogelijk geschikt zijn voor de (destijds) voorgenomen verbreding van de SDE+ subsidieregeling naar de SDE++. Door deze verbreding komen niet alleen hernieuwbare energie technologieën in aanmerking voor subsidie, maar ook andere technologieën die CO₂-emissies reduceren. Veel van de onderzochte technologieën hebben invloed op de warmtevoorziening in de industrie (zoals elektrische boilers, ovens en fornuizen en hoge temperatuur warmtepompen). Voor de technologieën zijn kostengegevens verzameld, een marktconsultatie uitgevoerd en zijn inschattingen gemaakt van basisbedragen, marktwaarden en de benodigde subsidie (de “subsidie-intensiteit” in euro per gereduceerde ton CO₂-eq).

Figuur 6.5 laat per technologie de gemiddelde en totale range van de subsidie-intensiteit zien. De subsidie-intensiteit geeft een indicatie van de meerkosten van technologieën ten opzichte van gangbare technologieën. De technologieën zijn gerangschikt op gemiddelde subsidie-intensiteit. De stippellijn laat de maximale subsidie-intensiteit zien van de huidige SDE+ technologieën (366 euro per ton CO₂-emissiereductie). De beschikbare data was beperkt, waardoor de subsidie-intensiteit als eerste inschatting moet worden beschouwd. Bovendien is het resultaat niet altijd representatief en geeft het niet de volledige range aan tussen de verschillende sectoren.

De subsidie-intensiteit per technologie laat een brede range zien, veroorzaakt door casus-specifieke factoren, zoals inpassingskosten, vollasturen en/of sector gerelateerde eisen. Sommige technologieën laten een negatieve subsidie-intensiteit zien. Dat is een indicatie dat de technologie in sommige specifieke gevallen nu al rendabel kan worden toegepast, ook zonder SDE++ subsidie. Daarbij moet worden opgemerkt dat de marktconsultatie een beperkte omvang had, waardoor de respons voor sommige technologieën laag was en niet altijd representatief.

6.3 Potentieel in de glastuinbouw

Het aandeel van de glastuinbouw in het finaal energiegebruik voor warmte bedraagt zo'n 10% van het nationale totaal (zie paragraaf 2.1). Deze warmte wordt grotendeels zelf geproduceerd door het verbranden van aardgas in ketels of WKK-installaties (zie paragraaf 2.2). In toenemende mate worden hernieuwbare energiebronnen gebruikt (zoals biogas en geothermie). Ook is het warmteverbruik van kassen verlaagd. In teelten waar tien jaar geleden 35 tot 40 m³/ (m² jaar) werd verbruikt is dat bij vooroplopende tuinders gedaald naar 25 tot 30 m³/ (m² jaar), voornamelijk door het toepassen van schermen en een nauwkeurigere ontvochtiging (De Zwart et al, 2019). Naar verwachting zet die ontwikkeling door, maar het gebruik van aardgas (voor verwarming en CO₂-bemesting) blijft met het huidige beleid tot en met 2030 dominant (zie paragraaf 3.2). Dit biedt - in principe - een groot potentieel voor (met name) verdere verduurzaming en efficiëntieverbeteringen.

Opties voor verduurzaming

De Nederlandse glastuinbouw heeft volgens het nationale klimaatakkoord de ambitie om in 2050 klimaatneutraal te telen. Er zijn verschillende technieken beschikbaar die dat mogelijk zouden kunnen maken (PBL, 2018 en De Zwart et al, 2019). Zo kan de energievraag verder worden verlaagd door kassen beter te isoleren (met schermen), warmteterugwinning en het gebruik van ledlampen. De resterende energievraag kan duurzaam worden ingevuld door een aansluiting op een infrastructuur met hoogwaardige (rest)warmte uit hernieuwbare bronnen, het toepassen van geothermie of het gebruik van laagwaardige (rest)warmte in combinatie met warmtepompen.

De toepasbaarheid van de verschillende opties voor de verschillende teelten hangt af van technische mogelijkheden en randvoorwaarden en de economische parameters, zoals de kosten en baten voor aanpassingen van de kas en het 'ketelhuis'. De kosten en baten worden voor een belangrijk deel bepaald door de kosten van de energiedragers en de energie-infrastructuur. Deze parameters worden gedeeltelijk door marktontwikkelingen bepaald en gedeeltelijk door beleidsmaatregelen zoals subsidies, de energiebelasting en de opslag voor duurzame energieproductie (ODE).

Een belangrijk aandachtspunt voor de verduurzaming van glastuinbouw vormt het gebruik van CO₂ uit de rookgassen van ketels en WKK's voor CO₂-bemesting. Bij een warmtevoorziening die volledig gebaseerd wordt op hernieuwbare bronnen, zal ofwel de productie van kassen afnemen door de lagere CO₂-concentratie, of er zal gezocht moeten worden naar een alternatieve levering van CO₂ (zoals externe levering). In beide gevallen leidt dat tot extra kosten waarmee bij de verduurzaming van de warmte & koude voorziening in glastuinbouw rekening moet worden gehouden.

Kosten verduurzaming warmtevoorziening

In tabel 6.3 zijn geothermie en Ledverlichting als grotere opties apart weergegeven, andere maatregelen zijn samengenomen onder Kas als energiebron (overig). Voor een deel van het glastuinbouwareaal zijn mogelijk biomassaketels of biomassa WKK's in te zetten. In de tabel is alleen het aanvullende potentieel genoemd ten opzichte van het referentiescenario, waarbij niet is uitgegaan van versnelde vervanging van bestaande kassen. Bij volledige omschakeling op hernieuwbare warmte in de glastuinbouw, (m.u.v. biomassa) is er geen bron meer van CO₂ voor de assimilatie. Dit kan leiden tot productiviteitsverlies, tenzij andere bronnen van CO₂ gevonden worden om de gewassen te bemesten. De eventuele meerkosten hiervan zijn niet meegenomen.

Tabel 6.3 Potentieel en nationale kosten van CO₂-emissie reducerende maatregelen in de glastuinbouw in 2030

Optie	Technisch potentieel [Mton]	w.v. direct	w.v. indirect	Kosten [M€]	Kosten-effectiviteit [€/ton]
Geothermie kassen	1,1	1,2	-0,1	-20	-20
LED verlichting kassen	0,3	-0,1	0,4	-60	-200
Kas als energiebron	1,9	1,9	0	130	70
Biomassaketels glastuinbouw	2	2	0	250	125 (90-170)

Bron: PBL, 2018

De integrale energiekosten vanuit het investeerders perspectief van verschillende opties om de warmtevoorziening van kassen te verduurzamen zijn onderzocht door De Zwart et al (2019). Hierin zijn de kosten voor warmte, elektriciteit en CO₂ meegenomen en tevens de kosten voor onderhoud en afschrijving van de installaties. Dit is onderzocht voor zes verschillende soorten teelten die elk een specifieke behoefte en verbruiksprofiel kennen ten aanzien van aan warmte, verlichting en CO₂⁴³. Vanwege de grote invloed van de marktprijzen voor energiedragers en beleidsmaatregelen (subsidies, belastingen, heffingen ed.) zijn drie scenario's uitgewerkt met verschillende aannames over deze parameters (zie tabel 6.4).

Tabel 6.4 Prijsscenario's in de studie Tuinbouw zonder fossiele energie

Scenario	Belangrijke kenmerken
Referentie	Voortzetting huidige situatie
Transitie	Beleid stimuleert hernieuwbare energie, maar sluit fossiele energie niet uit; gematigde CO ₂ prijzen en energiebelasting op aardgas
Duurzaam	Beleid zet in op fossiel-vrije energievoorziening; hoge CO ₂ prijzen en energiebelasting op aardgas

De Zwart et al, 2019

In alle bestudeerde warmtevoorzieningssystemen is het gebruik van alternatieve warmtebronnen geoptimaliseerd. Er wordt dus niet naar een 100% dekking gestreefd, maar naar een economisch verantwoorde dekkingsgraad, wat betekent dat er meestal nog een kleine hoeveelheid energie vanuit vaste, vloeibare of gasvormige brandstoffen nodig zal zijn. Deze worden dan gebruikt in een ketel die direct ook als back-up voorziening geldt. Ook wordt het gebruik van WKK niet a priori uitgesloten. Voor CO₂-bemesting is verondersteld dat CO₂ extern geleverd wordt met een (per scenario vaste) variabele prijs.⁴⁴

Op basis van kostengegevens van verschillende technieken en de veronderstellingen in de prijsscenario's is de variabele kostprijs berekend van de verschillende warmteproductie-systemen. Voor sommige technieken is die variabele kostprijs echt variabel (kosten per eenheid warmte zijn onafhankelijk van het gebruik), maar vanwege de investeringskosten is er voor de meeste technieken (ook) een afhankelijkheid van het aantal equivalente vollast gebruiksuren.

In het referentiescenario is een WKK met veel teruglevering een zeer goedkope optie voor warmte (zie tabel 6.5). Ook hoogwaardige warmte uit geothermie kan ook relatief goedkoop warmte leveren, mits er veel equivalente vollasturen worden gemaakt.

⁴³ Onbelichte tomatenteelt, belichte tomatenteelt, belichte chrysantenteelt, belichte alstroemeriateelt, warme potplantenteelt en radijzenteelt.

⁴⁴ Levering CO₂ met vrachtwagens voor 6 euro per ton (referentie), 10 euro per ton (transitiescenario) of 15 euro per ton (duurzaam scenario). De behoefte aan CO₂ is nader onderzocht door Van der Velden en Smit (2019).

Tabel 6.5 Variabele kostprijs warmte in het referentiescenario (euro per kWh)

Uren	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000
Ketel	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Ketel met CO ₂	0,13	0,13	0,13	0,13			
WKK	0,24	0,18	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19
WKK met CO ₂	0,10	0,01	-0,02	-0,03			
WKK met EV	0,04	-0,03	-0,04	-0,05	-0,04		
Geo	1,06	0,53	0,35	0,26	0,21	0,18	0,15
WP (na Geo) (COP=5)	0,22	0,17	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15
HT	0,29	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17
LT+WP	0,35	0,27	0,24	0,23	0,22	0,22	0,22
Opp.+WKO+WP (COP=4,5)	0,32	0,23	0,20	0,19	0,18		
Kaswarmte+WP (COP=4)	0,33	0,27	0,25	0,24	0,24	0,24	
Kasw.+WKO+WP (COP=4)	0,41	0,31	0,28	0,26	0,25		

Bron: De Zwart et al (2019).

In het transitie scenario zijn er forse kosten verbonden aan het gebruik van fossiele energie, waardoor deze uit de markt geprijsd wordt (zie tabel 6.6). Geothermie wordt qua variabele kosten aantrekkelijk, vooral wanneer daar een warmtepomp bij geplaatst wordt. In het duurzame scenario zet deze trend versterkt door (zie tabel 6.7)

Tabel 6.6 Variabele kostprijs warmte in het transitie scenario (euro per kWh)

Uren	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000
Ketel	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Ketel met CO ₂	0,35	0,35	0,35	0,35			
WKK	0,71	0,64	0,63	0,63	0,64	0,65	0,66
WKK met CO ₂	0,43	0,33	0,31	0,30			
WKK met EV	0,31	0,25	0,24	0,24	0,25		
Geo	1,58	0,79	0,53	0,40	0,32	0,26	0,23
WP (na Geo) (COP=5)	0,27	0,23	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20
HT	0,44	0,33	0,30	0,28	0,27	0,26	0,25
LT+WP	0,47	0,37	0,34	0,32	0,31	0,31	0,31
Opp.+WKO+WP (COP=4,5)	0,39	0,30	0,27	0,25	0,24		
Kaswarmte+WP (COP=4)	0,39	0,34	0,32	0,31	0,31		
Kasw.+WKO+WP (COP=4)	0,47	0,38	0,35	0,33	0,32		

Bron: De Zwart et al (2019).

Tabel 6.7 Variabele kostprijs warmte in het duurzame scenario (euro per kWh)

Uren	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000
Ketel	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Ketel met CO ₂	0,38	0,38	0,38	0,38			
	1,38	1,25	1,18	1,14	1,11	1,08	1,06
WKK	1,04	0,99	0,98	0,98	0,99	1,00	1,01
	1,14	1,11	1,08	1,06			
WKK met CO ₂	0,60	0,50	0,48	0,47			
WKK met EV	0,90	0,84	0,84	0,83	0,85		
Geo	3,08	1,54	1,03	0,77	0,62	0,51	0,44
WP (na Geo) (COP=5)	0,22	0,18	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15
HT	1,41	0,75	0,53	0,42	0,36	0,31	0,28
LT+WP	0,92	0,54	0,42	0,36	0,32	0,30	0,28
Opp.+WKO+WP (COP=4,5)	0,33	0,24	0,21	0,19	0,18		
Kaswarmte+WP (COP=4)	0,33	0,27	0,26	0,25	0,24		
Kasw.+WKO+WP (COP=4)	0,41	0,31	0,28	0,27	0,26		
Geo (50%)	1,54	0,77	0,51	0,38	0,31	0,26	0,22

Bron: De Zwart et al (2019).

Inzet van warmtesystemen voor zes teelten

De hiervoor beschreven energiekosten voor warmte zijn vervolgens gebruikt om de inzet van de verschillende warmtesystemen door de zes verschillende teelten in te schatten (al dan niet in combinatie met een energiezuinige kas). Dit is gedaan met behulp van een optimalisatiemodel⁴⁵. Het model minimaliseert de kosten voor warmtestroom en CO₂ met de gegeven capaciteiten van de installatie. Zo wordt voor alle maanden een geoptimaliseerde inzet bepaald van het WKK-draaipatroon, benutting van aard- of restwarmte en de inzet van een warmtepomp en ketel.

Er is verondersteld dat er in alle gevallen ook een ketel in het ketelhuis aanwezig is. De ketel wordt gebruikt als back-up voorziening, maar kan ook op piekmomenten worden ingezet. Uiteraard neemt de inzet van de ketel toe naarmate de capaciteit van de WKK en/of alternatieve warmtebronnen afnemen. Ook WKK wordt standaard als mogelijkheid meegenomen. In de eerste plaats omdat er ook in het transitie scenario nog plaats blijkt te zijn voor WKK, maar ook omdat heel veel tuinders een WKK hebben staan, waarvan de levensduur na revisie nog flink kan worden opgerekt.

In het referentie scenario levert de inzet van duurzame warmtebronnen meestal een verhoging van de energiekosten op. Alleen in het geval van onbelichte tomatenteelt en potplanten valt een beperkt kostenverlaging te realiseren. Dit komt vooral door de lage energiekosten en gunstige terugleveringsvoorwaarden van elektriciteit aan het elektriciteitsnet.

Onder het transitie-scenario en onder het duurzame prijs scenario levert een energiezuinige kas in de regel wél een kostenvoordeel. Alleen bij de teelt van radijs is het absolute energieverbruik te laag om de investeringen in een energiezuinige kas te rechtvaardigen. In bijna alle situaties verlaagt een warmtepomp de energiekosten. Warmtepompen kunnen daarbij gebruik maken van warmte uit oppervlaktewateren, restwarmte van bedrijven en/of geothermie. Warmtepompen lijken daarmee een toekomstbestendige optie te zijn die in de toekomst de centrale rol van de WKK zou kunnen gaan vervangen. Het toegepaste WKK-vermogen neemt onder het transitie scenario duidelijk af ten opzichte van de huidige praktijk en in het duurzame prijs scenario blijkt de WKK nergens meer kosteneffectief. Voor kassen die niet in de buurt van warmte-infrastructuren gevestigd zijn lijkt terugwinning van kaswarmte in de regel een verlaging van de energiekosten op te leveren.

De energiekosten voor warmte kunnen per teelt overigens sterk verschillen, afhankelijk van de gekozen verduurzamingsoptie. Vooral voor warme potplantentelers zonder belichting en voor tomatentelers is de spreiding van kosten voor verschillende opties relatief groot, zowel in het duurzame scenario en – in iets mindere mate – het transitie scenario. Voor de radijzenteelt en bloemeteelt is die spreiding juist heel beperkt.

⁴⁵ Het ketelhuissimulatieprogramma van AAB.

Tenslotte is een belangrijke conclusie uit de scenariostudies dat opties die onder het transitie scenario de energiekosten minimaliseren ook in het duurzame scenario nog steeds kosteneffectieve opties blijken te zijn. Investerings die voor de middellange termijn worden gedaan behouden daarmee ook op langere termijn hun waarde.

De resultaten en bevindingen per teelt worden in bijlage III nader toegelicht.

6.4 Samenhang sectorale energievoorziening

Om het verduurzamingspotentieel in de gebouwde omgeving, industrie en glastuinbouw te benutten, dient ook naar samenhang tussen de sectoren gekeken te worden (EZK, 2020b). Voor elektrificatie van de industrie zijn grote investeringen in de elektriciteitssector nodig. Voor het afvangen, transporteren, gebruik en opslaan van CO₂ is er een infrastructuur nodig waarin geïnvesteerd zal moeten worden. Ook is de ontwikkeling van nieuwe waterstof-infrastructuur, die waarschijnlijk in de industrie ontwikkeld zal worden, belangrijk voor onder andere de duurzame mobiliteit, flexibiliteit in het energiesysteem en onderdelen van de gebouwde omgeving. Om restwarmte te kunnen leveren aan gebouwen en kassen zijn investeringen in warmtenetten nodig. Diverse voorbeelden en verkenningen laten zien dat bijvoorbeeld het financieren en het op een rendabele manier exploiteren van een warmtenet, dat tevens leveringszekerheid biedt en betaalbaar is voor eindgebruikers, niet vanzelfsprekend is (EZK, 2020c).

De verduurzaming van de warmtevoorziening hangt daarmee nauw samen met de ontwikkelingen van de Nederlandse energievoorziening en -infrastructuur. De wijze waarop de afzonderlijke sectoren kunnen verduurzamen is dan ook onzeker. Zo schets Berenschot vier klimaat neutrale scenario's van de Nederlandse energievoorziening, waarin de rol van (de)centrale hernieuwbare elektriciteitsopwekking, de inzet van biomassa en de inzet van groene waterstof flink kan variëren (Berenschot, 2020). Ook tussen regio's zal afstemming nodig zijn, bijvoorbeeld ten aanzien van infrastructuur en de inzet van warmtebronnen. Zo blijkt uit de eerst evaluatie van de concept-RES-en door PBL dat netbeheerders knelpunten voorzien (PBL, 2020b). De algehele voortgang van de verduurzaming van de energievoorziening op zowel nationaal als sectoraal niveau wordt gemonitord en jaarlijks geëvalueerd. Indien nodig wordt het beleid bijgesteld (zie paragraaf 7.1).

DEEL IV

7 Mogelijke nieuwe strategieën en beleidsmaatregelen

7.1 Jaarlijkse monitoring van doelbereik

Met het Klimaatplan zet het kabinet in op de reductie van broeikasgassen met 49% in 2030 ten opzichte van 1990 (zie hoofdstuk vier en vijf). De Klimaatwet schrijft het kabinet voor om periodiek verantwoording af te leggen over het behalen van de klimaatdoelen en indien nodig het beleid bij te sturen.

Ieder jaar publiceert PBL de Klimaat- en Energieverkenning (KEV). De KEV geeft een overzicht van gerealiseerde emissies en een raming van de emissies van broeikasgassen in Nederland uitgesplitst naar sectoren en naar het type finale verbruik (zoals warmte). De KEV geeft ook inzicht in de ontwikkelingen en maatregelen die invloed hebben gehad op de emissies van broeikasgassen. De KEV wordt elk jaar uiterlijk 1 november aan beide Kamers der Staten-Generaal gestuurd.

Om de voortgang van beleid goed te monitoren wordt er jaarlijks een Monitor Klimaatbeleid uitgebracht. De eerste Monitor Klimaatbeleid is in oktober 2020 als bijlage bij de Klimaatnota 2020 uitgebracht (EZK, 2020d). Deze monitor houdt de voortgang van het beleid bij op vier niveaus:

1. Voortgang van het uitvoeringsprogramma;
2. Veranderingen in de randvoorwaarden voor de transitie;
3. Veranderingen bij doelgroepen;
4. Beleidsresultaten.

Door de monitor op deze wijze getrap op te bouwen kan vroegtijdig worden gesignaleerd waar knelpunten ontstaan in de keten van afspraak naar uiteindelijk beleidsresultaat. De Monitor Klimaatbeleid maakt zoveel mogelijk gebruik van bestaande data en reeds bestaande monitoringsinstrumenten binnen de verschillende sectoren en zal vanaf 2020 jaarlijks verschijnen.

De inzichten uit de Monitor Klimaatbeleid worden, naast de inzichten uit de KEV, benut om beleid tussentijds bij te sturen. De monitoringsgegevens zullen ook gebruikt kunnen worden in de evaluaties van de maatregelen en het beleid dat bijdraagt aan het bereiken van de klimaatdoelen.

De Raad van State geeft jaarlijks een beschouwing over de Klimaatnota. Hierin zal de Raad van State vooral ingaan op bestuurlijke aspecten van het beleid, zoals de verhouding tussen het rijk en andere overheden, de uitvoerbaarheid en handhaafbaarheid van maatregelen en de financiële gevolgen daarvan.

7.2 Voortgang klimaatbeleid en aandachtspunten

In oktober heeft het kabinet de eerste Klimaatnota aan het parlement aangeboden op basis van de Klimaatwet (EZK, 2020d). Deze Klimaatnota bevat de appreciatie van het kabinet op de voortgang van het klimaatbeleid en schetst de prioriteiten voor 2021. Basis voor de kabinetsappreciatie zijn de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2020 van PBL en de Monitor Klimaatbeleid 2020. Ook heeft de Raad van State een advies over de Klimaatnota uitgebracht.

De belangrijkste prioriteiten uit de Klimaatnota die relevant zijn voor warmte en koude zijn:

- Met de oplevering van de Regionale Energiestrategieën (RES) en de Transitievisies Warmte worden in 2021 belangrijke stappen gezet in de realisatie van de transitie op lokaal niveau. Het Rijk stelt instrumenten beschikbaar voor de implementatie;
- Met de internetconsultatie van het wetsvoorstel 'Wet Collectieve Warmtevoorziening' zijn eerste stappen gezet richting een nieuw regelgevend kader. Het kader moet gaan toezien op de (i) groei van collectieve warmtesystemen door nieuwe spelregels, (ii) meer transparantie in de tariefstelling, (iii) het aanscherpen van vereisten voor leveringszekerheid en het (iv) zeker stellen van eisen aan de verduurzaming;

- Met de start van het Nationaal Warmtefonds zijn aantrekkelijke financieringsvoorwaarden voor eigenaar-bewoners gerealiseerd;
- Met partijen wordt gewerkt aan de intensivering van het programma Kas als Energiebron, een belangrijke stap in de klimaattransitie van de glastuinbouwsector;
- In 2021 worden de belangrijkste maatregelen voor de industrie die werden afgesproken in het Klimaatakkoord geïmplementeerd. Belangrijk voor de industrietransitie zijn bovenal de innovatieprogramma's, Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+), verbreding van de SDE+ naar de SDE++ en de introductie van de CO₂-heffing. Ook wordt aan de verbreding van de energiebesparingsplicht uitgewerkt.

7.3 Impact Covid-19 crisis en herstel

De gevolgen van de situatie rondom COVID-19 gingen nergens aan voorbij, dus ook niet aan het klimaatbeleid. De daling van de CO₂-emissies die verwacht wordt voor 2020 zal ongeëvenaard zijn: sterker dan tijdens de financiële crisis van 2008. Tegelijkertijd zullen die emissies zonder structurele veranderingen straks ook weer toenemen: tot of boven het oude niveau. Het kabinet vindt het daarom noodzaak dat er wordt doorgewerkt aan een duurzamere economie en samenleving na de crisis. Het Klimaatakkoord in Nederland en de Green Deal in Europa zijn gericht op doelen voor de langere termijn, maar vormen op de korte termijn óók de basis voor een groen herstel uit de economische crisis.

Bronnen

- Berenschot (2020) Klimaatneutrale energiescenario's 2050. Berenschot Groep B.V., Utrecht;
- BZK (2020a) Overzicht toezeggingen algemeen overleg klimaatakkoord gebouwde omgeving. Brief van de Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) van 20 oktober 2020 aan de Voorzitter van de Tweede Kamer, Den Haag;
- BZK (2020b) Proeftuinen aardgasvrije wijken 2e ronde. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK), Den Haag;
- CBS (2020a) StatLine: Aardwarmte en bodemenergie; onttrekking van warmte en koude;
- CBS (2020b) Hernieuwbare energie in Nederland 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag;
- CBS (2020c) Statline tabel "Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen". Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Website geraadpleegd op 10-08-2020;
- CBS (2020d) Statline tabel "Elektriciteit; productie en productiemiddelen". Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Website geraadpleegd op 28-07-2020;
- CBS en TNO (2020) Warmtemonitor 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO);
- De Zwart, F., B. Vanthoor en S. Koreneef (2019) Tuinbouw zonder fossiele energie. Wageningen University & Research, Wageningen;
- EZK (2020a) Klimaatplan 2021-2030; Ministerie van Economische Zaken en Klimaatbeleid (EZK), Den Haag;
- EZK (2020b) Visie verduurzaming basisindustrie 2050; de keuze is aan ons. Brief van Minister van Economische Zaken en Klimaatbeleid van 15 mei 2020 aan de Voorzitter van de Tweede Kamer, Den Haag;
- EZK (2020c) Ontwikkeling warmtetransportnet Zuid-Holland. Brief van Minister van Economische Zaken en Klimaatbeleid van 9 september 2019 aan de Voorzitter van de Tweede Kamer, Den Haag;
- EZK (2020d) Klimaatnota 2020. Minister van Economische Zaken en Klimaatbeleid, Den Haag;
- Navigant (2018) Onderbouwing investeringen voor emissiereductie industrie 2030. Navigant, Utrecht;
- Navigant (2019) Verkenning uitbreiding SDE+ met industriële opties. Navigant, Utrecht;
- PBL (2018) Kosten energie en klimaattransitie in 2030 – update 2018. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag;
- PBL (2020a) Klimaat- en Energieverkenning 2020. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag;
- PBL (2020b). Regionale Energie Strategieën; Een tussentijdse analyse. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag;
- PBL (2020c). Startanalyse aardgasvrije buurten. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag;
- RWS (2020) Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2018. Rijkswaterstaat (RWS);
- Van der Velden, N. en P.X. Smit (2019) CO₂-behoefte glastuinbouw 2030. Wageningen Economic Research, Wageningen.

VROM (1998) Kosten en baten in het milieubeleid – definities en berekeningsmethoden. Publicatiereeks milieustrategie 1998/6. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM), Den Haag.

Geraadpleegde websites

- 1) Warmteatlas (www.warmteatlas.nl); geraadpleegd op 27-07-2020.
- 2) Emissieregistratie (www.emissieregistratie.nl); geraadpleegd op 16-11-2020.

Bijlagen

Bijlage I Aanvullende cijfers

Tabel 1.1 Afvalverbrandingsinstallaties (in 2018)

Locatiennaam	Opgesteld thermisch vermogen (MWth)	Opgesteld elektrisch vermogen (MWe)	Opgewekte bruto elektriciteit (GWh)	Hoeveelheid geleverde warmte (TJ)	Toepassing opgewekte warmte
EEW Energy From Waste Delfzijl B.V.	180	36	185	1257	Industrie
REC Harlingen	106	17	141	1705	Zoutproductie
Attero Noord B.V. GAVI Wijster	180	54	390	327	Procesindustrie
Twence Afval en energie	220	56	343	1519	Industrie en stadsverwarming
ARN B.V.			169	813	RWZI
AVR Afvalverwerking B.V.	120	31,4	144	698	Stadsverwarming
HVCafvalcentrale, Alkmaar	243	71,2	450	293	Stadsverwarming
AEB Amsterdam	495	154	936	1112	Waternet + stadsverwarming
AVR Afvalverwerking Rijnmond	394	140	416	4489	Procesindustrie + stadsverwarming
HVCafvalcentrale, Dordrecht	112	32,5	135	971	Procesindustrie + RWZI
ZAVIN C.V.	4,1	-	-	-	-
AEC Moerdijk	339	16,2	617	1618	WKC
SUEZ ReEnergy	124	39	279	101	Glastuinbouw + stadsverwarming
Totaal	2.517	647	4.205	14.903	

Bron: RWS (2020).

Tabel 1.2 Industriële installaties met een potentieel vermogen voor restwarmte groter dan 20 MW_{th}

Bedrijfsnaam	Vermogen restwarmte (MW _{th})
Dow Benelux BV Hoek	462,5
Chemelot Site Permit BV	200
YARA Sluiskil BV	181
Air Liquide Nederland BV	132,73
Delesto BV	117
Trinseo Netherlands	100
Eastman Chemical Middelburg BV	100
Cargill Benelux BV	100
Century Aluminum Vlissingen B V	100
Akzo Nobel Chemicals BV Hengelo	86,5
Air Products Nederland BV Pernis	78,91
ExxonMobil Chemical Holland BV RAP	61,7
Air Liquide Pergen VOF	57,36
DS Smith Paper De Hoop Mill	48,75
Air Products Nederland BV Botlek	45,11
Suiker Unie Dinteloord	40
Shell Nederland Chemie BV Moerdijk	35
Abengoa Bioenergy	34,41
Cabot BV	32,26
IHC Krimpen Shipyard BV	26,83
Chemours Netherlands BV	24,5
Eurogen CV	23,12
Indorama Holdings Rotterdam BV	22,65
Aluminium en Chemie Rotterdam BV	22,01
Suiker Unie Vierverlaten	22
Akzo Nobel Chemicals BV Botlek	21,23
Phoenix 3D	21

Bron: Warmteatlas (gegevens over: MT-Warmtebronnen startanalyse ECW, gefilterd op "industrie" en op een vermogen groter dan 20 MW). Genoemde vermogen betreft een schatting van PBL over wat beschikbaar is voor de levering van restwarmte (PBL, 2020c).

Bijlage II Beleidsmaatregelen

Doelsector	Beleidsmaatregel	Status	Instrument-type
Generiek	Aquathermie (Green Deal 229)	Lopend	Convenant
Generiek	Demonstratie energie- en klimaatinnovatie (DEI+)	Lopend	Economisch (subsidie)
Generiek	Energie Belasting & Opslag Duurzame Energie (EB & ODE)	Lopend	Economisch (fiscaal)
Generiek	Energie-investeringsaftrek regeling (EIA)	Lopend	Economisch (fiscaal)
Generiek	Gaswet (incl. update rond aardgasvrije nieuwbouw)	Lopend	Regels (wetgeving NL)
Generiek	Green Deals (GD)	Lopend	Convenant
Generiek	Groen beleggen: regeling groenprojecten	Lopend	Economisch (fiscaal)
Generiek	Integrale Kennis & Innovatie Agenda Klimaat (IKIA) en Meerjarige Missie gedreven Innovatieprogramma's (MMIP's)	Lopend	Agenda/kaderplan
Generiek	Investeringssubsidie Duurzame Energie kleine apparaten (ISDE-KA)	Lopend	Economisch (subsidie)
Generiek	Klimaatakkoord	Lopend	Convenant
Generiek	Klimaatwet 2019	Lopend	Regels (wetgeving NL)
Generiek	Nationaal Programma Regionale Energiestrategie (NP RES)	Lopend	Agenda/kaderplan
Generiek	Omgevingswet en Nationale Omgevingsvisie (NOVI)	Voorstel of voorgenomen	Regels (wetgeving NL)
Generiek	Participatie van de Omgeving bij Duurzame Energieprojecten (Green Deal 221)	Lopend	Convenant
Generiek	Regelingen Milieu-investeringsaftrek (MIA) & Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (VAMIL)	Lopend	Economisch (fiscaal)
Generiek	Stimuleringsregeling Duurzame Energietransitie (SDE++)	Voorstel of voorgenomen	Economisch (subsidie)
Generiek	Subsidie Hernieuwbare Energie (HER)	Lopend	Economisch (subsidie)
Generiek	Topsector Energie (TSE)	Lopend	Economisch (subsidie)
Generiek	Waterstofprogramma	Voorstel of voorgenomen	Convenant
Generiek	Wet Milieubeheer (Wm): Kader en energiebesparingsplicht	Lopend	Regels (wetgeving NL)
Generiek	Wet Milieubeheer-Informatieplicht	Lopend	Regels (wetgeving NL)
Gebouwde omgeving	Belasting Toegevoegde Waarde (BTW): verlaagd tarief isolatie	Lopend	Economisch (fiscaal)
Gebouwde omgeving	Bouwbesluit: C-label kantoren energieprestatie-eis	Lopend	Regels (wetgeving NL)
Gebouwde omgeving	Campagne Iedereen doet wat	Lopend	Informereren/awareness
Gebouwde omgeving	Digitaal platform	Voorstel of voorgenomen	Informereren/awareness
Gebouwde omgeving	Expertisecentrum Warmte (ECW)	Lopend	Informereren/awareness
Gebouwde omgeving	Nationaal energiebesparingsfonds (NEF)	Lopend	Economisch (lening/krediet)
Gebouwde omgeving	Normering Utiliteitsbouw en Routekaarten	Voorstel of voorgenomen	Regels (normen/stand.)
Gebouwde omgeving	Programma Aardgasvrije Wijken (PAW), Grootschalige Proeftuinen, Transitievisies Warmte	Lopend	Economisch (subsidie)

Doelsector	Beleidsmaatregel	Status	Instrument-type
Gebouwde omgeving	Regeling Reductie Energiegebruik (RRE)	Afgerond	Economisch (subsidie)
Gebouwde omgeving	Regeling Vermindering Verhuurderheffing Verduurzaming (RVV Verduurzaming)	Lopend	Economisch (fiscaal)
Gebouwde omgeving	Renovatieversneller: subsidieregeling renovatieversneller (onderdeel Startmotor)	Lopend	Economisch (subsidie)
Gebouwde omgeving	Standaarden woningen en streefwaarden	Voorstel of voorgenomen	Regels (normen/stand.)
Gebouwde omgeving	Stimulering bouw en onderhoud van sportaccommodaties (aanpassing v.a. 2019 met energiemaatregelen) (BOSA)	Lopend	Economisch (subsidie)
Gebouwde omgeving	Subsidie energiebesparing eigen huis (SEEH)	Lopend	Economisch (subsidie)
Gebouwde omgeving	Verruiming hypotheek voor energiebesparende maatregelen (WEW)	Lopend	Regels (overig)
Gebouwde omgeving	Warmtefonds en gebouw gebonden financiering	Voorstel of voorgenomen	Economisch (lening/krediet)
Gebouwde omgeving	Wijkgerichte aanpak	Lopend	Overig/nvt
Gebouwde omgeving	Woningwaardering stelsel & EPV Energieprestatievergoeding (WWS)	Lopend	Regels (overig)
Glastuinbouw	CO2 sectorsysteem glastuinbouw	Lopend	Economisch (marktprijs)
Glastuinbouw	Kas-als-Energiebron Programma	Lopend	Convenant
Glastuinbouw	Marktintroductie energie-innovaties (MEI)	Lopend	Economisch (subsidie)
Glastuinbouw	Regeling investeringen in energie-efficiëntie glastuinbouw (EG) en voorlopers Subsidie Energie-efficiënte en hernieuwbare energie glastuinbouw (EHG), Investerings in Milieuvriendelijke Maatregelen (MMI) & Investerings in energiebesparing (IRE)	Lopend	Economisch (subsidie)
Industrie	Industriële cluster/koploper programma's	Voorstel of voorgenomen	Overig/nvt
Industrie	Nationale CO2-heffing industrie	Voorstel of voorgenomen	Economisch (marktprijs)

Een nadere omschrijving van deze beleidsmaatregelen kan worden gevonden in bijlage vier van het definitieve Integrale Klimaat- en Energie Plan dat Nederland eind 2019 naar de Europese Commissie heeft gestuurd⁴⁶. In dit overzicht zijn alleen cross-sectorale beleidsmaatregelen meegenomen en beleidsmaatregelen die specifiek gelden voor de gebouwde omgeving, industrie en de glastuinbouw. Alleen die beleidsmaatregelen die rechtstreeks impact hebben op de warmte- en koude voorziening zijn in dit overzicht opgenomen. Beleidsmaatregelen die zich richten op elektriciteit, mobiliteit en die niet gericht zijn op energie (bv landgebruik) zijn buiten beschouwing gelaten. Het Expertise Centrum Warmte (ECW) is als beleidsmaatregel aan dit overzicht toegevoegd.

⁴⁶ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/11/25/bijlage-bij-kamerbrief-over-de-langere-termijn-strategie-klimaat>.

Bijlage III Inzet warmtesystemen in de glastuinbouw

Resultaten van de modelberekeningen voor zes verschillende teelten, overgenomen uit De Zwart et al (2019). Zie paragraaf 6.3 voor een toelichting.

Onbelichte tomatenteelt

Referentie kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	8,33	400	0	21,27	0	0	25,36	0	0			
Aardwarmte en WKK	7,87	300	100	15,08	0	400	22,66	0	300	16,37	0	500
Aardwarmte + WP en WKK	8,20	200	200	14,68	0	250	20,40	0	250	16,03	0	250
HT warmte en WKK	8,12	300	400	15,00	0	500	18,37	0	500			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	400	0	17,96	100	400	21,74	0	300			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	400	0	15,56	100	500	15,43	0	500			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	400	0	20,75	200	200	22,95	0	300			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	400	0	18,04	200	500	17,97	0	500			

E-zuinige kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	7,20	300	0	15,92	100	0	19,05	0	0			
Aardwarmte en WKK	n.v.t.	300	0	13,64	0	300	18,47	0	100	15,17	0	300
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	300	0	12,74	0	250	17,57	0	150	14,00	0	250
HT warmte en WKK	n.v.t.	300	0	12,36	0	500	16,12	0	300			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	300	0	14,53	100	300	18,12	0	200			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	300	0	13,02	100	400	13,65	0	400			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	300	0	n.v.t.	100	0	n.v.t.	0	0			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	300	0	15,16	100	400	15,52	0	400			

In het transitie scenario levert aardwarmte voor de standaard-kas nog steeds de laagste integrale energiekosten, maar dan moet er wel een warmtepomp bij geplaatst worden en verdwijnt de WKK van het toneel. Ook voor de energiezuinige kas levert de toepassing van geothermie met extra uitkoeling door middel van een warmtepomp lage energiekosten, maar blijkt de toepassing van hoogt-temperatuur afvalwarmte vanuit de industrie tot nog iets lagere energiekosten te leiden en ook dan wordt er geen gebruik meer gemaakt van WKK.

In het duurzame prijs scenario levert de toepassing van warmte uit oppervlaktewater voor allebei de kastypen (standaard en energiezuinig) de laagste energiekosten op. Die zijn dan uiteraard wel hoger dan in het transitie scenario en het dubbele van de energiekosten onder de huidige marktcondities. Een goede tweede optie onder het duurzame prijs regime is dan het gebruik van kaswarmte in combinatie met WKO. Dit is een logisch gevolg van het feit dat de daarbij toegepaste techniek veel overeenkomsten vertoont met het gebruik van warmte uit oppervlaktewater. Het verschil komt doordat de regeneratie van de aquifer in de zomer met verzamelde kaswarmte wat duurder is dan regeneratie van de aquifer met warmte uit oppervlaktewater. Indien echter geothermie half zo duur zou worden als wat op grond van de huidige trends wordt verwacht, wordt dit voor beide kastypen de meest aangewezen warmtebron.

Belichte tomatenteelt

Referentie kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	30,67	500	0	51,77	0	0	54,64	0	0			
Aardwarmte en WKK	30,57	400	100	46,53	200	300	52,64	0	200	48,43	0	300
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	500	0	45,98	100	250	51,49	0	200	47,53	0	250
HT warmte en WKK	n.v.t.	500	0	47,24	100	400	50,10	0	300			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	500	0	47,94	100	400	52,71	100	200			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	500	0	45,63	100	400	48,17	0	400			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	500	0	48,14	100	300	50,85	100	300			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	500	0	48,57	100	300	51,26	100	300			

E-zuinige kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	32,46	400	0	45,93	300	0	46,12	0	0			
Aardwarmte en WKK	n.v.t.	400	0	45,34	200	200	n.v.t.	0	0	44,32	0	200
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	400	0	44,95	200	150	45,67	0	50	43,79	0	200
HT warmte en WKK	n.v.t.	400	0	44,61	100	300	45,00	0	200			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	400	0	45,21	100	300	n.v.t.	0	0			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	400	0	44,09	100	300	43,46	0	400			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	400	0	n.v.t.	300	0	n.v.t.	0	0			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	400	0	n.v.t.	300	0	n.v.t.	0	0			

Onder het prijsregime van het transitie scenario leiden de verschillende alternatieve warmtebronnen wél tot kostprijsverlagingen ten opzichte van de nu gebruikelijke techniek. Bij dit prijs scenario is ook de toepassing van een energiezuinige kas kosteneffectief. De laagste energiekosten worden gerealiseerd bij toepassing van oppervlaktewater in combinatie met seizoensopslag en een warmtepomp. Het model berekent dat er dan ook nog een kleine WKK aan het energievoorzieningssysteem zou moeten worden toegevoegd. Als het gebruik van oppervlaktewater niet mogelijk is komen alternatieve warmtebronnen in een of andere warmte-infrastructuur in beeld als interessante optie. Pas als aansluiting op een warmte-infrastructuur niet mogelijk is komt voor de standaard-kas de toepassing van kaswarmte in beeld. Voor de energiezuinige kas is de toepassing van kaswarmte in het geheel niet interessant.

In het duurzame prijs scenario blijft de rangorde van alternatieve warmtevoorzieningssystemen vrijwel ongewijzigd, maar verdwijnt bijna overal de WKK. Alleen voor de standaard-kas, waar een grote elektriciteitsbehoefte is en die nog groter wordt bij gebruik van een warmtepomp blijft een (kleine) WKK interessant. Bij de energiezuinige kas is de WKK onder het duurzame prijs scenario niet meer kosteneffectief.

Belichte Chrysantenteelt

Referentie kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	16,27	400	0	30,51	300	0	32,44	0	0			
Aardwarmte en WKK	n.v.t.	400	0	28,20	200	200	30,77	0	100	26,94	0	300
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	400	0	28,13	0	200	29,27	0	150	26,16	0	200
HT warmte en WKK	n.v.t.	400	0	28,66	200	300	28,23	0	300			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	400	0	29,33	100	300	30,08	0	200			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	400	0	27,72	100	300	26,50	0	300			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	400	0	n.v.t.	300	0	29,57	0	300			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	400	0	30,26	100	300	29,26	0	300			

E-zuinige kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	19,27	300	0	28,01	300	0	29,79	0	0			
Aardwarmte en WKK	n.v.t.	300	0	27,20	300	100	29,28	0	100	26,79	0	200
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	300	0	27,47	100	150	28,44	0	100	26,19	0	150
HT warmte en WKK	n.v.t.	300	0	27,24	200	200	27,54	0	200			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	300	0	28,01	200	200	28,69	0	100			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	300	0	27,35	200	200	26,05	0	300			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	300	0	n.v.t.	300	0	n.v.t.	0	0			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	300	0	n.v.t.	300	0	28,46	0	300			

Onder de prijzen van het transitie-scenario leidt een energiezuinige kas wél tot lagere energiekosten en de inzet van alternatieve warmtebronnen leidt dan in de meeste gevallen tot lagere integrale energiekosten. Voor de standaard kas komt de benutting van oppervlaktewater als beste uit de bus, maar voor de energiezuinige kas is dat geothermie, op de voet gevolgd door hoog-temperatuur restwarmte. Opvallend genoeg is voor de chrysantenteelt in een energiezuinige kas de toevoeging van een warmtepomp die de geothermische warmte verder kan uitkoelen niet kosteneffectief. Dit kan echter komen door de vrij grove vermogensstappen waarmee de optimalisatie wordt uitgevoerd, want het is ook duidelijk dat de verschillen in de berekende integrale kostprijzen bij de chrysantenteelt allemaal heel klein zijn. Kleine verschillen in uitgangspunten leveren dan een andere ranking op, maar het effect op de integrale kostprijs voor energie blijft gering.

Dit geldt ook onder het duurzame prijsscenario, waarbij uiteraard onder alle opties een geothermische bron die voor de helft van de nu geprognosticeerde kosten kan worden aangelegd de laagste integrale energiekosten oplevert. Indien geothermie niet voor deze lage prijs kan worden aangeboden levert het gebruik van oppervlaktewater natuurlijk weer de laagste integrale energiekosten.

Belichte Alstroemeriateelt

Referentie kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	15,99	200	0	26,73	200	0	25,96	0	0			
Aardwarmte en WKK	n.v.t.	200	0	25,39	100	100	25,50	100	100	23,75	100	100
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	200	0	25,32	0	100	25,10	0	100	23,35	0	100
HT warmte en WKK	n.v.t.	200	0	26,09	0	200	24,47	0	100			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	200	0	26,72	100	100	n.v.t.	0	0			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	200	0	25,93	0	200	24,22	0	200			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	200	0	n.v.t.	200	0	25,77	0	200			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	200	0	26,71	0	200	25,18	0	200			

E-zuinige kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	30,52	100	0	38,12	100	0	36,23	0	0			
Aardwarmte en WKK	n.v.t.	100	0	n.v.t.	100	0	n.v.t.	0	0	35,86	0	100
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	100	0	37,86	0	50	n.v.t.	0	50	35,37	0	50
HT warmte en WKK	n.v.t.	100	0	38,06	0	100	36,14	0	100			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	100	0	n.v.t.	100	0	n.v.t.	0	0			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	100	0	38,11	0	100	35,73	0	100			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	100	0	n.v.t.	100	0	36,18	0	100			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	100	0	37,73	0	100	35,40	0	100			

In het transitie-scenario levert geothermie de laagste integrale energiekosten, maar het valt direct op dat de verschillen in kosten bij gebruik van de verschillende alternatieve warmtebronnen heel erg klein is. Voor de Alstroemeriateelt geldt dus hetzelfde als voor de Chrysantenteelt, namelijk dat het nauwelijks uitmaakt welk systeem voor de energievoorziening gebruikt wordt. Voor de Alstroemeriateelt is zelfs het momenteel gangbare systeem van ketel en WKK onder het transitie-scenario niet veel duurder dan het goedkoopste alternatieve systeem. Voor de standaardkas is dat een geothermische bron met een capaciteit van 100 kW/ha en voor de energiezuinige kas is dat het gebruik van de warmte die in de zomer bij de grondkoeling beschikbaar komt (na opslag in een seizoensbuffer). WKK levert hier nauwelijks voordelen op, dus waar bij de ketelhuisopties door het model toch nog een WKK wordt berekend gaat dat om kleine vermogens (100 tot 200 kWe/ha).

Onder het duurzame prijsscenario zijn de verschillen tussen de verschillende opties nóg kleiner. Indien geothermie in de toekomst voor minder dan de nu verwachte kosten kan worden geëxploiteerd leidt dit tot de laagste kosten en anders is dit voor de standaard kas het gebruik van oppervlaktewater. Voor de energiezuinige kas is het gebruik van de zomerse warmte-overschotten uit de grondkoeling, na opslag in een seizoensbuffer en gebruik van een warmtepomp ook hier weer heel goede mogelijkheden voor een kosteneffectieve invulling van duurzame energie voor de verwarming.

Warme potplantenteelt

Referentie kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	7,15	500	0	18,49	0	0	22,11	0	0			
Aardwarmte en WKK	6,49	300	200	11,49	0	400	17,86	0	300	11,98	0	400
Aardwarmte + WP en WKK	6,35	100	200	10,44	0	250	15,12	0	250	10,75	0	250
HT warmte en WKK	6,83	100	400	11,25	0	500	13,76	0	400			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	500	0	13,53	100	400	16,07	0	300			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	6,80	100	300	11,18	0	400	10,21	0	400			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	500	0	17,81	100	300	18,40	0	300			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	500	0	15,21	100	400	13,77	0	400			

E-zuinige kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	6,77	300	0	14,84	100	0	17,35	0	0			
Aardwarmte en WKK	6,75	300	100	11,19	0	300	15,78	0	200	11,67	0	300
Aardwarmte + WP en WKK	6,72	100	150	9,99	0	250	13,93	0	150	10,33	0	250
HT warmte en WKK	6,58	100	300	10,23	0	400	12,71	0	300			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	300	0	12,06	100	300	14,49	0	200			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	6,69	100	200	10,49	0	400	10,09	0	400			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	300	0	14,82	0	200	15,66	0	200			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	300	0	13,08	100	300	12,40	0	400			

In het transitie-scenario is geothermie voor de warme potplantenteelt het eerstaangewezen systeem. Omdat de benutbaarheid van geothermische warmte belangrijk oploopt bij toevoeging van een warmtepomp zien we dat dat ook hier weer aanbevelenswaardig is. Het gebruik van oppervlaktewater in combinatie met een seizoensopslagsysteem en een warmtepomp is een goede tweede optie. Alleen als er geen mogelijkheden zijn om het bedrijf aan te sluiten op een energie infrastructuur (met hoogwaardige of laagwaardige energie) biedt het gebruik van kaswarmte in combinatie met WKO en een warmtepomp mogelijkheden. Omdat de warmtepomp elektrisch wordt aangedreven wordt de toevoeging van een kleine WKK-installatie daarbij ook aantrekkelijk.

Onder het duurzame prijsscenario blijft het gebruik van oppervlaktewater de laagste integrale energiekosten opleveren, gevolgd door het gebruik van kaswarmte met WKO en een warmtepomp. Geothermie komt bij gebruik van de geprognosticeerde kosten op de derde plaats, maar zou geothermie voor de helft van de kosten kunnen worden gerealiseerd dan behoren de integrale energie kosten bij gebruik van geothermische warmte tot de goedkoopste mogelijkheden invulling voor de warme potplantenteelt. Net zoals bij alle andere teelten is onder het duurzame prijsscenario WKK geen kosteneffectieve optie.

Radijzenteelt

Referentie kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	2,76	200	0	5,75	0	0	6,59	0	0			
Aardwarmte en WKK	n.v.t.	200	0	5,29	0	100	n.v.t.	0	0	5,56	0	100
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	200	0	5,05	0	100	6,55	0	50	5,15	0	150
HT warmte en WKK	2,73	100	200	4,11	0	300	5,76	0	100			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	200	0	5,10	0	200	6,57	0	100			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	200	0	4,48	0	200	4,33	0	200			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	200	0	n.v.t.	0	0	n.v.t.	0	0			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	200	0	5,48	0	200	5,14	0	200			

E-zuinige kas	Referentie			Transitie			Duurzaam			Duurzaam (Geo 50%)		
	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth	E- kosten €/m ²	WKK kWe	Alt. W. kWth
Opties												
WKK en ketel	3,19	100	0	5,04	0	0	5,31	0	0			
Aardwarmte en WKK	n.v.t.	100	0	5,04	0	100	n.v.t.	0	0	5,12	0	100
Aardwarmte + WP en WKK	n.v.t.	100	0	4,73	0	50	n.v.t.	0	0	4,71	0	50
HT warmte en WKK	n.v.t.	100	0	4,23	0	100	5,19	0	100			
LT warmte + WP en WKK	n.v.t.	100	0	4,67	0	100	n.v.t.	0	0			
Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK	n.v.t.	100	0	4,42	0	100	4,39	0	100			
Kaswarmte + WP en WKK	n.v.t.	100	0	n.v.t.	0	0	n.v.t.	0	0			
Kaswarmte + WP/KWO en WKK	n.v.t.	100	0	4,48	0	100	4,45	0	100			

In het transitie-scenario blijkt de aansluiting op een hoog-temperatuur energie-infrastructuur de laagste integrale energiekosten op te leveren, gevolgd door het gebruik van oppervlaktewater in combinatie met een seizoensopslagsysteem en een warmtepomp. Geothermie komt op de derde plaats, maar dan moet deze wel met een warmtepomp extra kunnen worden uitgeoeld om de capaciteit als het nodig is te kunnen vergroten. Gebruik van WKK is in het transitie-prijsscenario niet aan de orde.

Onder het duurzame prijsscenario blijft het gebruik van oppervlaktewater de laagste integrale energiekosten opleveren, gevolgd door het gebruik van kaswarmte met WKO. Geothermie is onder het duurzame prijsscenario alleen relevant als dit voor de helft van de kosten die op dit moment geprognosticeerd worden kan worden gerealiseerd, maar ook dan staat geothermie op de derde plaats.

Dit document is een uitgave van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T +31 (0) 88 042 42 42
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | december 2020

Publicatienummer: RVO-181-2020/Br-DUZA

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

RVO is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.