



Inventarisatie duurzaamheid warmtenetten

Normstelling CO₂-emissie Wet collectieve
Warmtevoorziening



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

GREENVIS
ENERGY SOLUTIONS

Inventarisatie duurzaamheid

warmtenetten

Normstelling CO₂-emissie Wet collectieve Warmtevoorziening

Colofon

Opdrachtgever

Ministerie van Economische
Zaken en Klimaat

Contactpersonen

Sanne Remmerswaal
Tjalling de Vries



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

Opdrachtnemer

Greenvis B.V.

Auteurs

Mark Wolf, Jelle Loogman

Datum

7-10-2020

Gecontroleerd door

Ewald Slingerland, Jorrit
Colenberg, Arwen van der
Gugten

Versie

2001007 - openbaar

GREENVIS
ENERGY SOLUTIONS

Contactgegevens

Contactpersoon

Mark Wolf

Email

mark.wolf@greenvis.nl

Telefoon

+31 6 15 88 64 80

Samenvatting

Om de duurzaamheid van warmtesystemen te borgen en verdere verduurzaming te stimuleren, is het Ministerie van EZK voornemens om de toegestane CO₂-uitstoot van geleverde warmte per warmtesysteem geleidelijk terug te brengen van maximaal 40 kg/GJ_{th} in 2022 naar 25 kg/GJ_{th} in 2030. Deze studie beschrijft de haalbaarheid van deze uitstootgrens voor verschillende typen warmtesystemen. Daarbij worden de belangrijkste – door de warmtemarkt ervaren – belemmeringen aangegeven.

Voor de uitwerking van deze studie is gebruik gemaakt van de rekenmethodiek uit de huidige Warmtewet. Typische warmtesystemen van vergunning houdende warmteleveranciers zijn doorerekend met historische praktijkgegevens. In de analyse is 60% van de totale warmtelevering uit collectieve systemen in Nederland meegenomen met meer dan 500 aansluitingen. Voor de netten met minder dan 500 aansluitingen is 35% van de totale warmtelevering in Nederland meegenomen. Voor deze systemen is vervolgens een prognose opgesteld voor de verwachte CO₂-emissies de komende 10 jaar. Interviews met de leveranciers vormen de basis voor de input van de prognose. Warmtesystemen zijn ingedeeld in zes hoofdtypen gebaseerd op de meest de preferente opwekker (duurzaamste, grootste aandeel in de opwekking) van het net.

Huidige warmtelevering

Uit de evaluatie van de historische data blijkt dat alle systemen met als hoofdbron biomassa, afvalverbrandingsinstallaties (AVI) en warmte van grote elektriciteitscentrales (ook bekend als aftapwarmte) in 2019 al voldeden aan de voorgenomen normstelling voor 2022. Bij warmte uit afvalverbranders of elektriciteitscentrales is de spreiding in uitstoot relatief beperkt. Bij systemen met biomassa is de spreiding wat groter. Deze spreiding is vooral het gevolg van verschillende aandelen van de piekvoorziening (hoofdzakelijk ketels gestookt op aardgas) in de totale hoeveelheid geleverde warmte.

Bij warmte-koudeopslag (WKO)-systemen is de spreiding in CO₂-emissies relatief groot. De *gemiddelde* CO₂-emissie van de WKO-systemen was in 2019 lager dan de grenswaarde uit de normstelling in 2022, maar niet alle systemen voldeden.

Bijna alle systemen met als brandstof aardgas (WKK zonder derving en aardgasketel als hoofdbron) voldeden in 2019 niet aan de normstelling voor 2022.

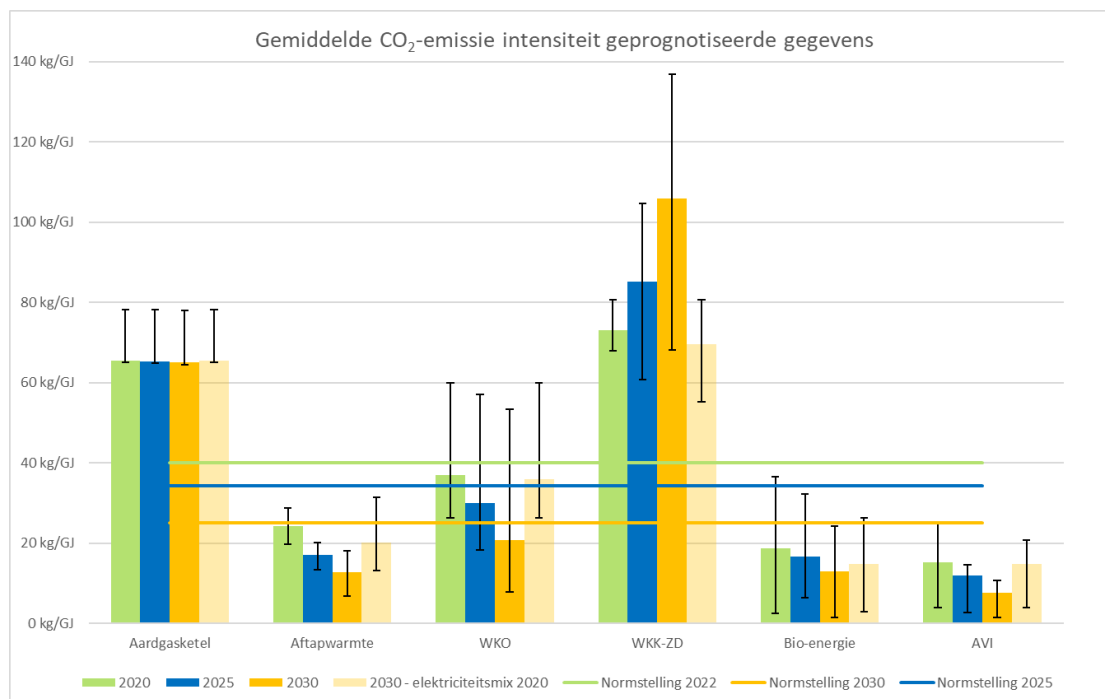
Toekomstige warmtelevering

Uit de prognose blijkt dat systemen met warmte uit biomassa, afval of grote elektriciteitscentrales zullen voldoen aan de normstelling in 2030, dit is goed voor 98% van de geleverde warmte. De redenen hiervoor zijn de hernieuwbare waardering van biomassa en biogene fracties in afval, het aansluiten van nieuwe duurzame bronnen en de verduurzaming van de landelijke elektriciteitsmix door zonnepanelen en windmolens. Het aansluiten van nieuwe duurzame bronnen zoals geothermie en restwarmte zorgt ervoor dat de huidige hoofdbronnen minder vaak worden ingezet, het toevoegen van nieuwe basislastbronnen zorgt ervoor dat de aardgas piek minder wordt gebruikt. Bij een groeiend systemen zal het aandeel van het aardgas piek hoger zijn totdat voldoende afzet is gecreëerd om hernieuwbare bronnen aan te sluiten. Het aandeel piekwarmte kan ook toenemen in een relatief koud jaar.

Gemiddeld genomen voldoet de warmte geleverd (aantal GJ's) uit WKO-systemen aan de normstellingen in 2022, 2025 en 2030. Echter bijna de helft van het aantal systemen voldoet niet aan de normstelling vanwege een hoog aandeel aardgas. Omdat deze systemen relatief veel elektriciteit verbruiken door de inzet van warmtepompen, is de verduurzaming van de landelijke elektriciteitsmix de belangrijkste factor in de verwachte CO₂-reductie. In de onderstaande figuur is dit inzichtelijk gemaakt met de kolom '2030 –

elektriciteitsmix 2019. WKO-Systemen die wel voldoen aan de normstelling hebben een lagere inzet van aardgasketels of zijn voorzien van hernieuwbare piekketels.

Systemen met ketels aardgas als hoofdbron zullen niet voldoen aan de normstelling in de komende 10 jaar. Dit type systeem is hoofdzakelijk neergezet ter voorbereiding op een groter warmtenet met hernieuwbare bijstook waarvan plannen soms vertraagd zijn.



Figuur 1 – Totaaloverzicht CO₂-emissie geprognosticeerde gegevens. De ontwikkelingen in de netten (aansluitingen, warmteverliezen) en de inzet van bronnen zijn gebaseerd op gesprekken met de leveranciers aan de hand van de huidige inzichten. Opwekkingsrendementen zijn gebaseerd op de NEN7125. De balk is het gewogen gemiddelde en de foutbalken geven de spreiding van de systemen aan.

Belangrijkste belemmeringen

Uit de interviews met leveranciers is gebleken dat de grootste uitdaging voor het verduurzamen ligt bij de systemen met een aardgas gestookte installatie als hoofdbron en WKO-systemen. Voor systemen op aardgas zijn de fysieke ruimte en schaalgrootte vaak te beperkt om op een betaalbare manier over te stappen op een duurzame bron. Van groot belang is in hoeverre het gebruik van bio-energie (met name houtige biomassa) voor de opwekking van warmte in de toekomst mogelijk zal zijn. Zonder bio-grondstoffen (in 2030 geprognosticeerd op ongeveer 25% van de totale warmteproductie) zal het lastig zijn aan de normstelling te voldoen. Voor een deel speelt hier ook de verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening een rol; voor WKO-systemen is dit een kans maar ook een risico, terwijl voor systemen met een aardgas gestookte WKK (zonder derving) de rekenmethodiek zorgt tot een hogere CO₂-emissie. Specifiek voor WKO-systemen geldt dat deze systemen vaak lokaal en niet op groei zijn ontworpen, waardoor er weinig natuurlijke momenten voor verdere verduurzaming zijn.

Ook voor systemen die naar verwachting voldoen aan de voorgenomen normstelling, zijn risico's en afhankelijkheden te identificeren. Dit geldt vooral voor het (toekomstig) beleid op biomassa en (deels) afval als CO₂-arme bronnen. In onderstaande tabel wordt een samenvatting gegeven van de resultaten, waarbij er voor de belemmeringen onderscheid is gemaakt tussen externe factoren (buiten de invloedssfeer van de leveranciers) en interne factoren (binnen de invloedssfeer van de leveranciers).

Samenvatting haalbaarheid normstelling en belangrijkste belemmeringen						
	Aardgas	Aftapwarmte	WKO	WKK-ZD	Bio-energie	AVI
% systemen dat niet voldoet aan de normstelling 2022	100%	0%	40%	100%	0%	0%
% systemen dat niet voldoet aan de normstelling 2025	100%	0%	40%	100%	0%	0%
% systemen dat niet voldoet aan de normstelling 2030	100%	0%	40%	100%	0%	0%
Belemmeringen externe factoren						
Beleid voor bio-energie		X		X	X	X
Verduurzaming landelijke elektriciteitsmix		X	X			X
Beperkingen voor alternatieve bronnen	X		X	X		
Beperking vanuit fysieke ruimte	X		X	X		
Afhankelijk van temperatuurniveau klant			X	X		
Afhankelijk van SDE++		X		X	X	X
Bestaande subsidies niet toereikend voor afdekken vervroegde afschrijving	X		X	X		
Ontwikkelingsnelheid nieuwe warmtebronnen	X	X		X	X	X
Beperkte groeimogelijkheden	X		X	X		
Belemmeringen interne factoren						
Natuurlijk investeringsmoment			X	X		
Minder rendabele investering	X		X	X		
Onzekerheid over investeringsmoment i.c.m. groei	X		X	X		

Samenvattende constatering

- Er bestaan grote verschillen tussen warmtenetten onderling. Dit wordt duidelijk uit figuur Tabel 1, waaruit blijkt dat 68% van de netten die in 2030 aan de normstelling voldoen, 98% van de warmte levert.
- Uit de interviews is gebleken dat de sector een voorkeur heeft voor een portfolio benadering. De door de sector voorgestelde CO₂ doelstelling van 18,9 kg per GJ in het Klimaatakkoord is ambitieuzer dan de voorgestelde normstelling van EZK in de concept Warmtewet. Belangrijk hierbij op te merken is dat dit een sectorgemiddelde betreft en geen gemiddelde per warmteleverancier. Bovendien is het een ambitie en geen harde wettelijke grens.
- De verduurzaming van de te leveren warmte wordt gedreven door interne en externe factoren (resp. binnen en buiten de invloedssfeer van leveranciers). Op basis van de prognose in deze rapportage is de totale CO₂-reductie de komende tien jaar 43% in 2030 ten opzichte van 2020. De interne factoren zijn verantwoordelijk voor 15% deze gemiddelde reductie in CO₂-uitstoot, de rest (28%) is afkomstig van externe factoren, voornamelijk de verduurzaming van de elektriciteitsmix in Nederland.
- De mate waarin interne factoren een rol in de verduurzaming van een warmtenet kunnen spelen is grotendeels afhankelijk van de gebruikte bron. Zo biedt een AVI in het algemeen meer handelingsperspectief dan een systeem met een ondergrondse warmte- en koudeopslag (WKO).
- De duurzaamheid van de te leveren warmte kan jaar op jaar sterk verschillen. De belangrijkste reden hiervoor is groei in aantal aansluitingen van een warmtenet; wanneer een warmtenet groeit, geldt vaak een tijdelijke toename in inzet van de (fossiele) piekbron, totdat er voldoende volume is om een duurzame bron in het warmtenet te introduceren. Maar ook een relatief koud jaar kan de inzet van de piekbron sterk doen verhogen.
- Veel netten zijn op dit moment afhankelijk van de inzet van biomassa. Ook voor toekomstige groei wordt inzet van biomassa geprognostiseerd. Het effect op de verduurzaming van warmtenetten is daarmee afhankelijk van de toekomstige waardering van biomassa als hernieuwbare bron.

Tabel 1 - Overzicht % van de warmtelevering en % netten. In het **blauw** het % dat voldoet, in **oranje** het % netten dat niet voldoet. Dit overzicht maakt het verschil inzichtelijk tussen het aandeel van de geleverde warmte dat voldoet aan de normstelling en het aandeel in systemen.

Vergelijking	% GJ's		% van de netten	
Systemen 2020 volgens normstelling 2022				
Systemen 2020 volgens normstelling 2030				
Systemen 2030 volgens normstelling 2030				

Inhoudsopgave

1	Inleiding	8
1.1	Achtergrond normstelling CO ₂	8
1.2	Leeswijzer.....	8
2	Aanpak	9
2.1	Historische gegevens.....	9
2.2	Interviews.....	10
2.3	Geprognoseerde gegevens.....	10
2.4	Indeling systemen.....	11
2.4.1	Bio-energie.....	11
2.4.2	Warmtekracht koppeling met derving (WKK-MD of aftapwarmte).....	12
2.4.3	Afvalverbrandingsinstallatie (AVI).....	12
2.4.4	Warmtekracht koppeling zonder derving (WKK-ZD).....	12
2.4.5	Warmte Koude Opslag met Centrale opwekking (WKO).....	12
2.4.6	Aardgasketel.....	13
2.4.7	Overige warmtebronnen.....	13
3	Resultaten historische gegevens	14
3.1	Grote systemen.....	15
3.2	Kleine systemen.....	17
4	Resultaten geprognoseerde gegevens	19
4.1	Grote systemen.....	19
4.2	Kleine systemen.....	21
4.3	Totaaloverzicht ontwikkeling bronnen en CO ₂ -uitstoot.....	21
5	Belemmeringen voor verdere verduurzaming	24
5.1	Bestaande systemen.....	24
5.1.1	Aardgasketels.....	24
5.1.2	Aftapwarmte.....	24
5.1.3	WKO.....	25
5.1.4	WKK zonder derving.....	25
5.1.5	Bio-energie.....	26
5.1.6	AVI.....	26
5.2	Toekomstige (nieuwbouw) systemen.....	26
5.2.1	Grote nieuwe systemen (>500 aansluitingen).....	26
5.2.2	Kleine nieuwe systemen (<500 aansluitingen).....	26
5.3	Voorgestelde oplossingsrichtingen.....	26
6	Referenties	29
	Bijlage I: Overzicht vergunning houdende warmteleveranciers	30
	Bijlage III: Interviewvragen	31
	Bijlage IV: Klimaat en Energieverkenning 2019	33
	Bijlage V: Samenvatting resultaten naar hoofdprincipe en overzicht historie	34
	Bijlage VI: Overzicht kengetallen	36
	Bijlage VII: Overzicht interne en externe belemmeringen	38

1 Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) werkt in het kader van de Warmtewet 2 aan een normstelling voor de duurzaamheid van collectieve warmtesystemen. Een collectief warmtesysteem is een energie-infrastructuur waarop meerdere woningen en/of gebouwen aangesloten zijn en warmte en/of koude krijgen van één of meerdere (duurzame) bronnen.

De duurzaamheid van een collectief systeem wordt onder andere gekarakteriseerd door de CO₂-emissie die nodig is om warmtelevering mogelijk te maken. CO₂ komt vrij door een combinatie van warmteproductie, transport en distributie. Duurzame warmtebronnen als geothermie, biomassa (mits aantoonbaar), restwarmte, aquathermie en warmtepompen in combinatie met warmte-koude opslag leveren via collectieve warmtesystemen duurzame warmte aan de eindgebruikers.

EZK heeft Greenvis gevraagd een overzicht te maken van de huidige CO₂-uitstoot van collectieve warmtesystemen en op welke manier deze zich naar verwachting ontwikkelt de komende 10 jaar.

1.1 Achtergrond normstelling CO₂

De Nederlandse overheid heeft als doel gesteld om in 2030 49% minder CO₂ uit te stoten ten opzichte van 1990. In 2050 moet dat 95% minder zijn. Dit is nodig om de temperatuur op aarde niet verder te laten stijgen dan anderhalve graad, zoals afgesproken in het Klimaatakkoord van Parijs. In het klimaatakkoord staan de duurzaamheidsdoelstellingen voor verschillende sectoren beschreven, die de overheid samen met bedrijven en organisaties heeft vastgesteld. De afspraak uit het klimaatakkoord is een sectordoelstelling, die neerkomt op een maximale CO₂-uitstoot van 18,9 kg/GJ_{th} als gemiddelde voor de hele sector in 2030.

Om de duurzaamheid van warmtesystemen te borgen en verdere verduurzaming te stimuleren is EZK voornemens om de toegestane CO₂-uitstoot van geleverde warmte per systeem geleidelijk terug te brengen van maximaal 40 kg/GJ_{th} in 2022 naar 25 kg/GJ_{th} in 2030 (1). Het is vergunningshouders voor warmtelevering overeenkomstig de huidige Warmtewet verplicht vanaf 2020 jaarlijks de CO₂-emissies per warmtesysteem te rapporteren. Hierbij is een uniforme methode gepubliceerd die als basis dient voor de rapportageverplichting. Verschillende warmteleveranciers rapporteren zelf al over de CO₂-uitstoot van hun systemen. Zij passen nog niet altijd een methode toe die volledig gelijk is aan de uniforme methode uit de huidige Warmtewet.

1.2 Leeswijzer

De gehanteerde aanpak voor het verkrijgen van kwantitatieve en kwalitatieve data staat in hoofdstuk 2, hier is ook een uitgebreide beschrijving te vinden van de indeling van systemen. De resultaten van de inventarisatie van historische gegevens is te vinden in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de voor de geprognostiseerde periode weergegeven. De toelichting op de resultaten en uitgebreide beschrijving van de belemmeringen voor verdere verduurzaming zijn te vinden in hoofdstuk 5.

2 Aanpak

Voor dit onderzoek zijn er vijftien leveranciers geselecteerd. Hieronder vallen alle warmteleveranciers (hierna: leveranciers) die leveren op meer dan één systeem en een representatieve selectie van de overige leveranciers. Zij zijn uitgevraagd met betrekking tot:

- Historie
 - Meetgegevens van de afgelopen drie jaar met betrekking tot de CO₂-uitstoot van maximaal vijf typische systemen per vergunninghouder (zie Bijlage I: Overzicht vergunning houdende warmteleveranciers). Met de verschillende typische warmtesystemen per leverancier verkrijgen we een goed beeld van de Nederlandse markt voor collectieve warmtesystemen. Typische warmtesystemen zijn systemen die model staan voor het bezit van de vergunninghouder.
- Prognose
 - Toekomstplannen en visie met betrekking tot verdere verduurzamingsplannen aan de hand van interviews met leveranciers. De uitkomsten zijn gebruikt om een prognose te maken voor de CO₂-uitstoot van de warmtesystemen tot 2030. Daarnaast hebben we de uitkomsten van het interview gebruikt om de realiteitszin van de CO₂-normstelling te toetsen en mogelijke belemmerende factoren te identificeren.

Op de data-uitvraag en interviews reageerden dertien partijen positief. In Bijlage I: Overzicht vergunning houdende warmteleveranciers is een overzicht opgenomen van de leveranciers die zijn uitgevraagd.

2.1 Historische gegevens

De leveranciers ontvingen een schriftelijke uitvraag om van maximaal vijf systemen historische meetgegevens met betrekking tot de afgelopen drie jaar aan te leveren. We hebben ze gevraagd een selectie te maken van systemen die representatief is voor het portfolio van de leverancier. De uitvraag had betrekking op de volgende aspecten:

- Geleverde warmte en koude aan eindverbruikers;
- Type bronnen, primaire energie input en geproduceerde warmte/koude;
- Elektrische hulpenergie;
- Geëxporteerde elektriciteit aan het elektriciteitsnet.

De ontvangen gegevens zijn getoetst op compleetheid en correctheid. Waar twijfels waren over de data is dit tijdens het interview geverifieerd bij de betreffende leverancier. Ontbrekende gegevens zijn in overleg met de leveranciers ingevuld op basis van forfaitaire waarde, gegevens uit EMG verklaringen en/of geschat op basis van het warmte-etiket (indien beschikbaar).

De historische en geprognostiseerde CO₂-emissie van de systemen is berekend volgens de voorgeschreven methodiek in de huidige Warmtewet¹. Deze methodiek is ook bekend als de Harmelink-methode (2).

De belangrijkste kengetallen voor het bepalen van de CO₂-uitstoot van de historische gegevens staan in Bijlage VI: Overzicht kengetallen

¹ Publicaties over de Warmtewet en de rekenmethodiek voor de rapportage over duurzaamheid van warmtenetten is hier te vinden <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/verduurzaming-warmtevoorziening/publicaties/warmtewet>

2.2 Interviews

Het doel van de interviews was tweeledig:

- Het verzamelen van kwalitatieve data, waarin de leverancier een reactie geeft op de norm en de mate waarin zij het haalbaar acht hieraan te voldoen.
- Het verkrijgen van inzicht in voorziene ontwikkelingen in het warmtenet ter onderbouwing van een prognose.

De interviews zijn digitaal afgenomen met een duur van één uur per interview. De geïnterviewde is een persoon met strategische kennis over het ontwikkel- en verduurzamingsbeleid van de organisatie. In Bijlage III is de volledige vragenlijst opgenomen. Deze ziet er op hoofdlijnen als volgt uit:

- Algemene deel
 - De mate waarin de leverancier de voorgestelde norm en de tijdslijn haalbaar acht en welke systemen hierbij de grootste uitdaging vormen;
 - Interne en externe factoren die een wezenlijke belemmering vormen om invulling te geven aan het wetsvoorstel, waarbij:
 - Interne factoren: Dit zijn factoren die volledige binnen de invloedssfeer liggen van een leverancier (bijvoorbeeld investeringstermijn, uitbreidingen);
 - Externe factoren: Dit zijn factoren die buiten de invloedssfeer van een leverancier liggen (primaire energiefactoren, beleid);
 - Aspecten die de leverancier aangeeft nodig te hebben om aan de normstelling te kunnen voldoen.
- Prognose
 - Inzicht in de verandering van bron inzet;
 - Inzicht in de uitbreiding van het systeem;
 - Inzicht in andere systeemoptimalisaties die bijdragen aan het verlagen van de CO₂ uitstoot.

De interviews zijn afgenomen door twee personen van Greenvis. Eén persoon richtte zich hierbij op de vragen, de andere persoon notuleerde. De resultaten uit de interviews zijn als volgt verwerkt:

De belemmeringen geïnventariseerd uit het algemene deel van de interviews zijn samengevat in een overzichtstabel (te vinden in Bijlage VII: Overzicht interne en externe belemmeringen). Hoofdstuk 5 gaat hier verder op in. De tabel in de bijlage richt zich op het in kaart brengen van interne en externe de factoren die een aandachtspunt vormen voor het halen van de normstelling en het aantal keer dat deze zijn benoemd. Uitspraken met dezelfde strekking zijn samengevat onder één statement.

2.3 Geprognostiseerde gegevens

Om een oordeel te geven over welke systemen zullen voldoen aan de normstelling, is een prognose opgesteld van de systemen waarvoor historische data is ontvangen. De prognose is gemaakt voor drie ijkmomenten, namelijk 2020, 2025 en 2030. Deze jaren zijn gekozen aan de hand van de ontwikkelingen van de primaire energiefactor voor geleverde elektriciteit (PEFe) uit de KEV 2019 (zie Bijlage IV: Klimaat en Energieverkenning 2019). Daarnaast is het exacte moment van uitbreiding en aansluiten van nieuwe bronnen onzeker waardoor nauwkeurigere uitsplitsing niet mogelijk is.

Voor de grote netten zijn gegevens uit de interviews aangevuld met data uit het onlangs gepubliceerde onderzoek van TNO en CBS voor de Warmtemonitor 2019 (3). 2020 is daarmee als ijkpunt gebruikt voor 2022.

De prognose is als volgt tot stand gekomen:

- Verwachte uitbreiding van het warmtenet en verduurzamingsplannen van de leveranciers. Deze plannen zijn besproken in de interviews. De leverancier is gevraagd zo nauwkeurig mogelijk aan te geven wanneer welke verduurzaming plaatsvindt en wat het aandeel wordt van de nieuwe opwekker in de mix. Specifiek is gevraagd naar ontwikkelingen in
 - De levering van warmte (en koude)
 - Distributieverliezen
 - Samenstelling en inzet verschillende bronnenWaar dit niet of onvoldoende bekend was is voor de grote systemen gebruik gemaakt van gegevens uit het onderzoek van TNO en CBS naar de Warmtemonitor (3);
- De ontwikkeling van de verduurzaming van de elektriciteitsmix van het landelijke net is gebaseerd op de KEV 2019 (4);
- Het rendement van de opwekkers is bepaald aan de hand van forfaitaire waarden uit de NEN 7125:2017 (5);
- De benodigde hulpenergie is bepaald op basis van forfaitaire waarden uit de NEN 7125:2017 (5);
- De primaire energiefactor van afval en het aardgasketelrendement zijn constant gehouden.

Een compleet overzicht van de belangrijkste kengetallen gebruikt in de prognose is te vinden in Bijlage VI: Overzicht kengetallen.

2.4 Indeling systemen

Deze paragraaf beschrijft het onderscheid dat gemaakt is tussen de systemen aan de hand van de preferente opwekker in het systeem. Dit is de opwekker met het grootste aandeel, of meest duurzame in de warmteproductie en noemen we het hoofdprincipe.

2.4.1 Bio-energie

Bio-energie kan ingezet worden in verbrandingsketels of als bijstook in elektriciteits- en afvalcentrales. Nederland beschikt over verschillende biogene energiestromen die – volgens de rapportage duurzaamheid (2) en de Renewable Energy Directive van de EU - als volledig hernieuwbaar worden gekarakteriseerd. Daarbij wordt enkel rekening gehouden met de directe uitstoot als gevolg van verbranding, niet de hele levenscyclus, zoals ook bij andere brandstoffen. Uit de factsheet Bio-energie van ECN (6) zijn de methoden die beschikbaar zijn en zich hebben bewezen:

- Afval- en resthout dat wordt verbrand in biomassacentrales;
- De productie van biobrandstoffen, zoals biodiesel uit koolzaad;
- Vergisting van natte biomassa (zoals mest, slib en groeten- of tuinafval) voor elektriciteit, warmte of biogas.

Het uitgangspunt van de rekenmethodiek is dat warmte geproduceerd met 100% biomassa CO₂-neutraal is. Dit houdt in dat aan de warmte geen CO₂-emissie wordt toegerekend. Wanneer er sprake is van bijstook van biomassa in een centrale, dan wordt de primaire energiefactor van de niet-hernieuwbare energiedrager hiervoor gecorrigeerd. Dit houdt in dat voor het aandeel organische materiaal (e.a. biomassa) geen CO₂-emissie wordt toegerekend.

2.4.2 Warmtekracht koppeling met derving (WKK-MD of aftapwarmte)

Aftapwarmte is warmte die wordt (bij)geproduceerd in elektriciteitscentrales. Als een bewuste keuze wordt gemaakt om meer warmte te leveren aan een collectief systeem, is het gevolg hiervan dat er minder elektriciteit geproduceerd wordt. Dit proces heet elektriciteitsderving.

De CO₂-uitstoot van warmte wordt bepaald door te bepalen hoeveel (van de gedeelde elektriciteit) elders opgewekt dient te worden. Voor dit deel wordt berekend hoeveel primaire fossiele energie in het landelijke net hiervoor nodig is. Dit wordt dan gecorrigeerd voor de specifieke emissie van de installatie zelf (eventueel met biomassa bijstook). Hiermee ontstaat er zowel een koppeling met de (brandstof van de) installatie als de gebruikte bronnen in het landelijk elektriciteitsnet.

Vanwege de beoogde verduurzaming van de Nederlandse elektriciteitsmix richting 2030 (7) wordt aftapwarmte duurzamer bij gelijkblijvende primaire energiemix van de installatie zelf.

Daarnaast kan brandstof (aardgas of kolen) van de installatie verduurzaamd worden door het bijmengen van biogeen materiaal (bijvoorbeeld biomassa in de vorm van houtpellets). Het uitgangspunt in de rekenmethodiek is om de primaire energiefactor van de installatie te corrigeren met de fractie voor hernieuwbare bijstook, zoals beschreven in 2.4.1.

2.4.3 Afvalverbrandingsinstallatie (AVI)

Een afvalverbrandingsinstallatie heeft veelal dezelfde werking als een aftapcentrale. Afval wordt verbrand waarbij warmte vrijkomt die ingezet wordt voor het produceren van elektriciteit en het voeden van een warmtesysteem.

In de rekenmethodiek wordt de emissiefactor van warmte uit AVI's gecorrigeerd met het aandeel organisch materiaal (bijvoorbeeld GFT, afvalhout) in het afval (gemiddeld over 2019 53%). Verder wordt op dezelfde manier als bij aftapwarmte de PEF_e gebruikt om de uitstoot te corrigeren voor de elektriciteitsderving. Doordat de Nederlandse elektriciteitsmix duurzamer wordt zal bij gelijkblijvend aandeel organisch materiaal de CO₂-uitstoot van warmte uit AVI's afnemen in de toekomst.

2.4.4 Warmtekracht koppeling zonder derving (WKK-ZD)

Een WKK zonder derving produceert warmte en elektriciteit zonder dat extra derving van elektriciteit optreedt bij de uitkoppeling van warmte.

Het uitgangspunt in de rekenmethodiek is dat de CO₂ die vrijkomt bij verbranding van de primaire energiedrager (typisch aardgas, maar dit kan ook een mix zijn), wordt gecorrigeerd met de equivalente CO₂-uitstoot van de elektriciteit die de WKK-ZD produceert.

De rekenmethodiek uit de huidige warmtewet leidt ertoe dat vanwege de beoogde verduurzaming van de Nederlandse elektriciteitsmix in de toekomst een groter deel van de CO₂-emissie wordt toegewezen aan warmte. Zo stijgt de relatieve CO₂-uitstoot van een WKK zonder derving.

2.4.5 Warmte Koude Opslag met Centrale opwekking (WKO)

In een Warmte Koude Opslag (WKO) installatie wordt warmte en koude uitgewisseld door deze tijdelijk op te slaan in de bodem. Warmte wordt door middel van warmtepompen opgewaardeerd tot een bruikbaar niveau. Het netto warmte- of koudetekort wordt aangevuld met een regeneratievoorziening zoals bijvoorbeeld aquathermie, lucht of aardgas.

In de rekenmethodiek wordt de gewonnen bronwarmte (en koude) gekarakteriseerd als CO₂-neutraal. CO₂-emissies ontstaan door het elektriciteitsgebruik door bron-, distributie- en warmtepompen en eventueel additionele warmteproductie met piek ketels. Vanwege de beoogde verduurzaming van het Nederlandse elektriciteitsnet zal warmte uit een WKO in de toekomst duurzamer worden.

2.4.6 Aardgasketel

Aardgasketels worden over het algemeen ingezet als piek en back-up voorziening. Voor kleinere systemen voorziet een collectieve ketel nog in de volledige warmtebehoefte. Uitgangspunt in de rekenmethodiek is een gasketelrendement van 87% op bovenwaarde. Voor de prognose is deze referentie niet aangepast.

2.4.7 Overige warmtebronnen

Andere warmtebronnen als geothermie (aardwarmte), industriële restwarmte en aquathermie zijn niet opgenomen als aparte categorie. Uit de input van de warmteleveranciers blijkt dat het aandeel van aquathermie, geothermie en restwarmte in de mix vooralsnog onvoldoende is om een aparte categorie te rechtvaardigen. Dit wordt ondersteund door tussentijdse bevindingen uit het lopende onderzoek voor de Warmtemonitor 2019 (3).

3 Resultaten historische gegevens

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de inventarisatie van de historische gegevens weergegeven. Deze resultaten vormen de basis voor de uitwerking in de prognose (hoofdstuk 4).

De resultaten zijn onderverdeeld naar het hoofdprincipe van de warmteproductie (zie paragraaf 2.4). Van elk hoofdprincipe is de gemiddelde CO₂-emissie in kg per geleverde GJ_{th} weergegeven over de afgelopen drie jaar. Wij hebben ervoor gekozen gewogen gemiddelden op basis van de geleverde GJ_{th} weer te geven, omdat de onderzochte systemen een representatie vormen van het totale bezit van de leveranciers. De spreiding is weergegeven om de verschillen tussen systemen inzichtelijk te maken.

In totaal zijn 37 afzonderlijke systemen van 12 leveranciers opgenomen in de analyse. Er is onderscheid gemaakt in grote en kleine systemen volgens de definitie in het voorstel voor de Wet collectieve warmtevoorziening (8). Een klein systeem bestaat uit maximaal 500 kleinverbruik aansluitingen (maximaal 100 kW_{th}). Alle gegevens gebruikt in de historie zijn gebaseerd op exploitatiegegevens van de warmteleveranciers.

In Tabel 2 wordt de totale omvang van de onderzochte systemen vergeleken met de totale warmtelevering van collectieve warmtesystemen in Nederland voor 2019 (3). Hieruit blijkt dat de onderzochte grote systemen in deze studie 60% van de totale levering (van grote netten) omvatten. Bij de kleine systemen is dit aandeel lager. We achten een aandeel van 35% van de totale levering representatief om inzicht te kunnen geven in welke mate deze systemen verwachten te voldoen aan de voorgestelde normstelling, want:

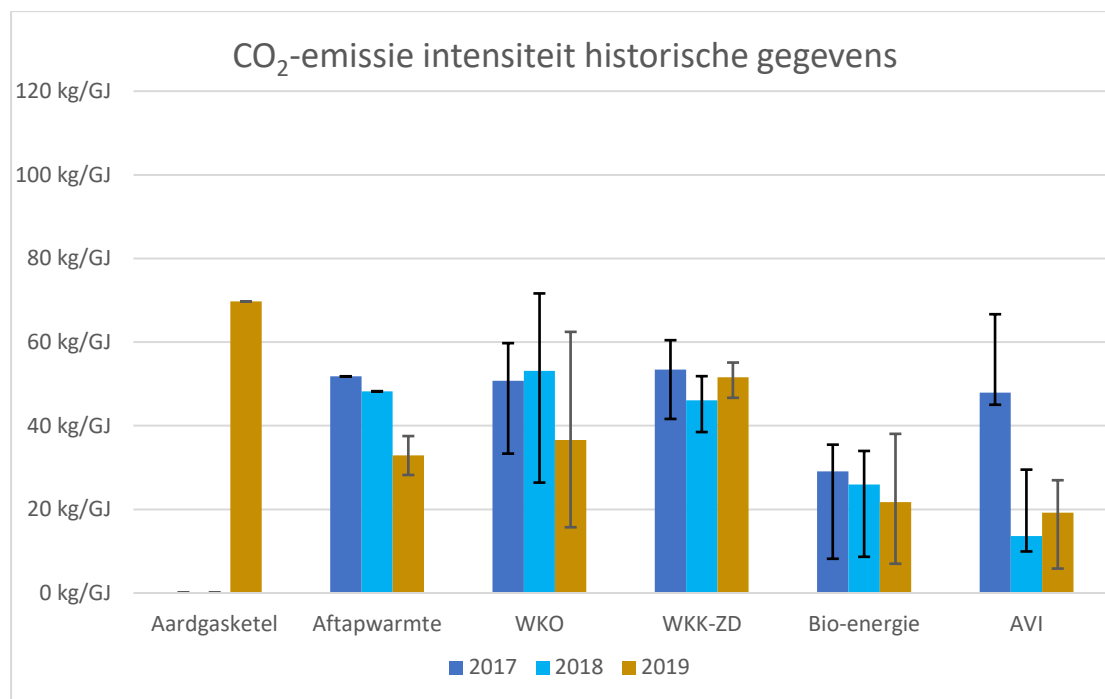
- De leveranciers met meer dan één systeem maken onderdeel uit van dit onderzoek.
- Het is gevraagd een representatieve selectie van maximaal vijf systemen uit het portfolio aan te leveren.

Tabel 2 Omvang van studie in relatie tot totaal warmtelevering via collectieve systemen in Nederland

	Grote systemen	Kleine systemen
Totaal warmtelevering grote netten (2019) o.b.v. onderzoek CBS en TNO (3)	24 PJ	2 PJ
Onderzoek Greenvis (2019)	14,5 PJ	0,7 PJ
Aandeel van totaal	60 %	35%
Aantal systemen	24	14

3.1 Grote systemen

In Figuur 2 staat een overzicht van de CO₂-emissie intensiteit van de grote systemen (>500 aansluitingen) uit de analyse. Over 2019 is de meeste data beschikbaar gesteld.



Figuur 2 - Ontwikkeling van CO₂-emissie intensiteit voor 2017, 2018 en 2019 per type (preferente) opwekker van grote systemen (>500 aansluitingen). Voor aftapwarmte is in 2017 en 2018 slechts van één systeem data onderzocht, voor de aardgasketel is in 2019 ook één systeem bekeken.

Tekst box 1: Interpretatie figuur 1

Warmtesystemen hebben typisch een mix aan verschillende opwekkers die meer of minder hernieuwbaar zijn. Om onderscheid te maken tussen verschillende systemen de indeling naar hoofdprincipes gehanteerd zoals uitgelegd in zie paragraaf 2.4. Dit is gebaseerd op de samenstelling van het systeem in 2019.

Het hoofdprincipe is over het algemeen de meest hernieuwbare opwekker uit de selectie aan opwekkers van een systeem en voorziet meestal in het grootste gedeelte van de opwek.

Om de opwek aan te vullen wordt gebruikt gemaakt van een veelvoud aan bronnen in verschillende verhoudingen, waardoor de onderlinge verschillen binnen hoofdtypes groot kunnen zijn.

De gekleurde staven geven de gewogen gemiddelde CO₂ uitstoot van de verschillende bronnen in het systeem weer. De dunne zwarte lijnen geven de variatie in de spreiding aan; de hoogste en laagste waarde (bekeken voor individuele installaties per type opwekker).

3.1.1 Aardgasketels

De aardgasketel presteert gemiddeld slechter dan de referentiewaarde uit de rekenmethodiek huidige Warmtewet (58,5 kg CO₂/GJ_{th}). Dit komt met name omdat in een collectief systeem relatief grotere warmteverliezen zijn dan in een individueel systeem. Dit type systeem wordt hoofdzakelijk neergezet als

tijdelijke voorziening ter voorbereiding op de komst van een groter warmtenet gevoed door duurzamere opwekkers. In sommige gevallen blijkt de tijdelijke voorziening voor langere tijd gebruikt te worden dan oorspronkelijk gepland doordat plannen vertragen of voor onbepaalde tijd uitgesteld.

De systemen voldoen niet aan de voorgestelde normstelling in 2022.

3.1.2 Aftapwarmte (WKK-MD)

Warmte uit aftapcentrales laat een dalende trend zien. Dit komt voornamelijk aftapwarmte profiteert van de afname van de primaire energiefactor elektriciteit en het bijstoken van biomassa in elektriciteitscentrales. In theorie is het mogelijk om op een lagere trap stoom af te tappen en daarmee de dervingsfactor te verkleinen, waarmee de CO₂-uitstoot verder te verlagen is. Echter moeten de infrastructuur en de gebouwen aangesloten op het niet hier wel geschikt gemaakt worden voor lagere temperaturen. Concrete plannen zijn hier niet voor genoemd.

Alle systemen die geanalyseerd zijn, voldoen vanaf 2019 aan de voorgestelde normstelling in 2022.

3.1.3 WKO

WKO systemen hebben een relatief grote spreiding in de CO₂-prestatie. Dit komt deels omdat voor dit type systeem meer meetpunten beschikbaar zijn en doordat WKO-systemen een grote verscheidenheid hebben in opzet en combinatie van bronnen. Samenvattend is de variatie te verklaren door:

- Systemen waarbij veel warmte wordt geleverd vanuit het WKO-systeem (met warmtepomp) hebben een relatief lage CO₂-uitstoot. Deze systemen hebben een laag aandeel piekopwekker. Weinig inzet van het WKO-systeem kan het gevolg zijn van slecht functioneren van het systeem of een gemaakte ontwerpkeuze die is gemaakt vanwege temperatuurbehoefte, economische reden of beperkingen vanuit de ondergrond voor het realiseren van een WKO.
- Systemen waarbij de warmte- en koudelevering in balans is presteren beter dan systemen die veel warmte leveren en weinig tot geen koude;
- Systemen die hoog temperatuur warmte leveren (>65°C zoals voor warmtapwater) presteren slechter dan systemen die laagtemperatuurwarmte leveren. Typisch voorziet een aardgasketel of gasmotor WKK bij deze systemen in een relatief groot deel van de totale warmte productie.
- Systemen die relatief weinig CO₂-uitstoten gebruiken typisch biomassa of bio-olie voor midden en pieklast opwekkers.
- De piek in 2018 is ontstaan doordat een relatief groot systeem een storing had in de warmtepompinstallatie waardoor veel gas bijstook noodzakelijk was.

Vanwege de grote variatie in type opwekkers en functioneren voldoet een deel van de systemen niet aan de norm in 2022.

3.1.4 WKK zonder derving

Deze centrales zijn typisch neergezet in een stedelijke omgeving. Ze maken gebruik van gasmotor WKK's die voornamelijk warmte produceren en eventueel korte termijn bufferen. De systemen worden door grote leveranciers beschouwd als kleine systemen en voldoen typisch niet aan de normstelling in 2022.

3.1.5 Bio-energie

Bio-energie wordt in de rekenmethodiek beschouwd als volledig CO₂-neutraal. De CO₂-uitstoot is daarmee volledig afhankelijk van de secundaire opwekkers, het aandeel pieklast en hulpenergie. Alle beschouwde systemen voldoen aan de normstelling in 2022.

3.1.6 AVI

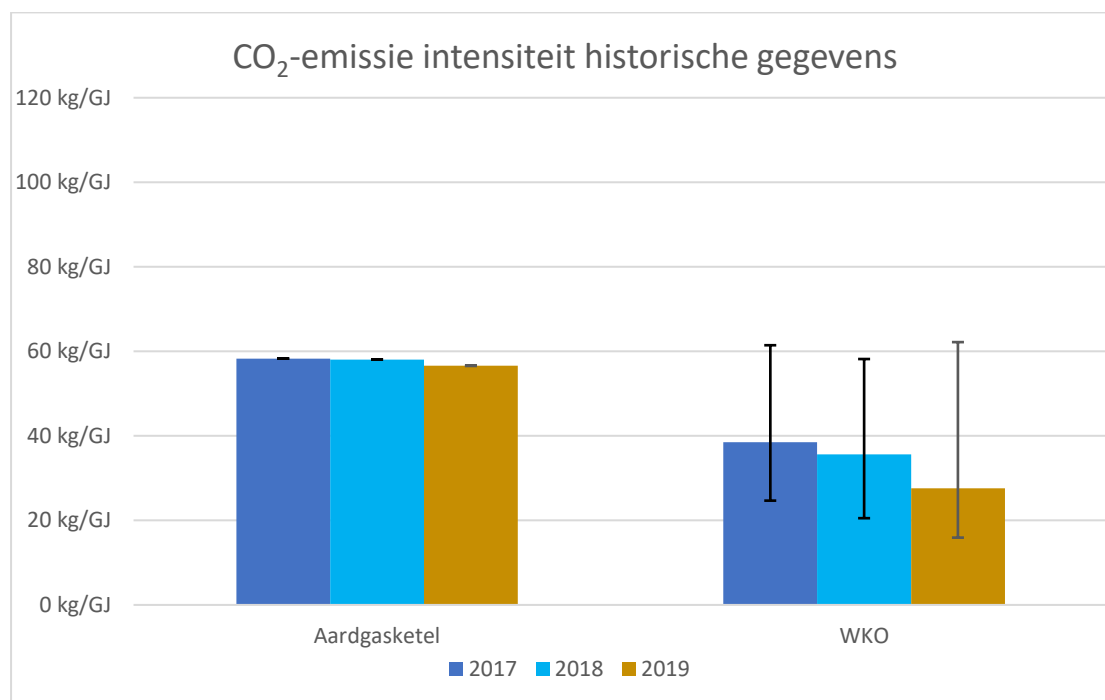
De CO₂-emissie van AVI's is de laatste jaren sterk afgenomen. De grootste daling was van 2017 naar 2018. Dit is veroorzaakt doordat

- De bijstook van biomassa is toegenomen.
- De biogene fractie is toegenomen
- Bij één systeem de AVI in 2017 is aangesloten en geen volledig jaar is ingezet.
- In mindere mate doordat de primaire energiefactor van de Nederlandse elektriciteitsmix is verbeterd.

Typisch voldoen deze systemen aan de normstelling in 2022.

3.2 Kleine systemen

De onderstaande figuur geeft een overzicht van de CO₂-emissie intensiteit van kleine systemen. De variatie aan bronnen voor kleinere systemen is lager in vergelijking met de grote systemen. Er wordt verreweg het meest gebruik gemaakt van WKO systemen.



Figuur 3 - Ontwikkeling van CO₂-emissie intensiteit voor 2017, 2018 en 2019 per type (preferente) opwekker voor de kleine systemen. De gekleurde staven geven de gewogen gemiddelde CO₂ uitstoot weer. De dunne zwarte lijnen geven de spreiding aan; de hoogste en laagste waarde (bekeken voor individuele installaties per type opwekker). Vanaf 2019 zijn gegevens gebruikt van twee systemen.

3.2.1 Aardgasketels

Vergelijkbaar met de grotere systemen voldoet de CO₂-uitstoot van het systeem op een aardgasketel in kleine systemen niet aan de normstelling in 2022. De uitstoot is voor kleine lager dan voor het grote systeem. Dit komt doordat de warmteverliezen in het systeem typisch lager zijn.

3.2.2 WKO

De kleine WKO systemen presteren in verhouding beter dan de grote WKO systemen. Dit komt hoofdzakelijk doordat kleine WKO-systemen typisch opereren op een lagere temperatuur voor warmtelevering (typisch < 45°C). Hierdoor zijn de warmteverliezen lager en ligt het rendement van de warmtepompen hoger. Verder zijn dezelfde punten als bij de grote WKO-systemen van toepassing. Gemiddeld genomen voldoen de systemen aan de normstelling in 2022. Ongeveer een kwart van de kleine systemen voldoet niet aan de normstelling in 2022.

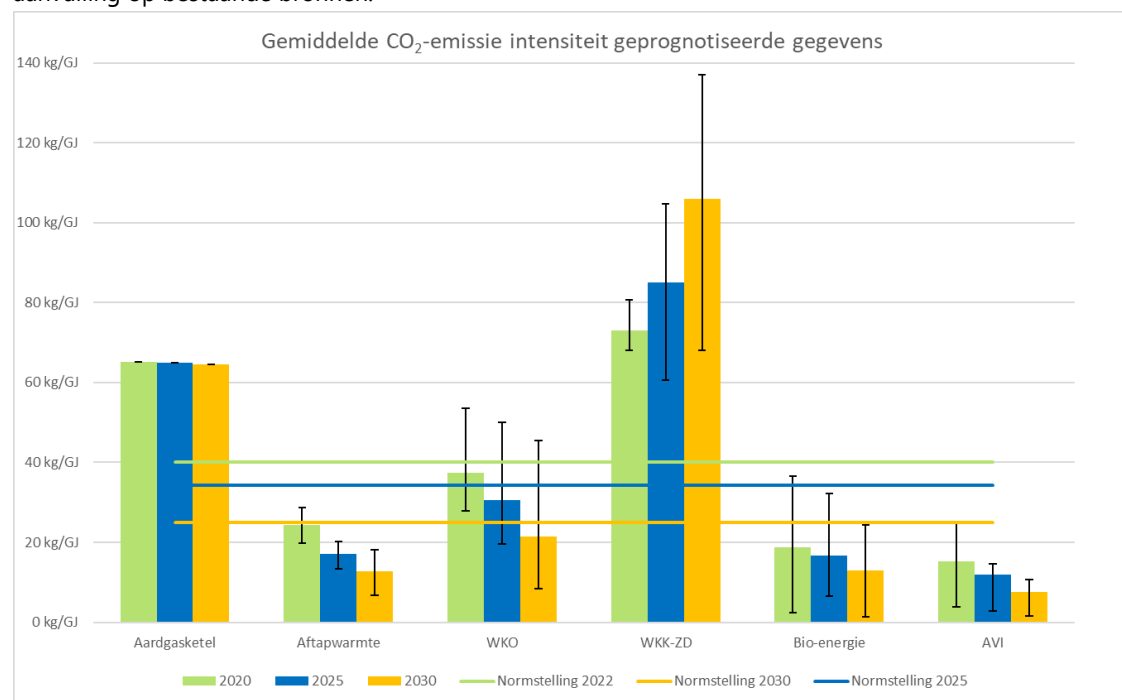
4 Resultaten geprognostiseerde gegevens

In dit hoofdstuk is de verwachting die leveranciers hebben voor de verdere verduurzaming van hun warmtesystemen gekwantificeerd. De ontwikkelingen worden benadrukt in dit hoofdstuk, in het volgende hoofdstuk wordt verder ingegaan op welke belemmeringen leveranciers ervaren in het halen van de normstelling.

4.1 Grote systemen

De ontwikkeling van de CO₂ emissie van grote systemen op basis van voorziene verduurzamingsplannen van leveranciers is weergegeven in de onderstaande figuur.

Het onderscheid in hoofdsystemen uit de historische gegevens is gehandhaafd, in de prognose zijn wel andere hernieuwbare bronnen toegevoegd als aanvulling op het hoofdprincipe. De aanvullende bronnen zijn geothermie, restwarmte en aquathermie. Deze nieuwe bronnen worden voornamelijk ingezet als aanvulling op bestaande bronnen.



Figuur 4 - Verwachte ontwikkeling van de CO₂-emissie voor grote systemen (>500 aansluiting) in de komende jaren. De lichtoranje balk geeft aan wat de invloed is van interne factoren als de externe factor $F_{p,del;el}$ op hetzelfde niveau wordt gesteld als 2019. Het verschil tussen de groene en licht oranje balk is te verklaren door de interne factoren.

Op de prognose van de CO₂ emissie is de invloed van verduurzamingsplannen van de leverancier (interne factoren) zonder de invloed van de ontwikkeling van de PEF_e (externe factor) bepaald. In Figuur 4 en Figuur 5 is dit weergegeven in de kolom 2030 – elektriciteitsmix 2020.

Hieruit blijkt dat de ontwikkeling van de PEF_e (als externe factor) met name positief is voor de waardering van WKO systemen en systemen gevoed door aftapwarmte. Op de systemen met aardgasketels, aftapwarmte, biomassa en AVI's heeft de ontwikkeling een beperktere invloed. WKO-systemen scoren in 2020 beter dan in 2019 vanwege de daling van de primaire energiefactor. In 2019 is een factor van 1,90 gebruik (omdat nog geen gegevens beschikbaar zijn) volgens de KEV daalt de PEF_e naar 1,37.

Een systeem met een WKK zonder derving wordt slechter gewaardeerd doordat de equivalente CO₂-uitstoot van de elektriciteit die geproduceerd wordt steeds lager wordt bij dalende PEF_e. In de volgende worden de systemen apart behandeld.

4.1.1 Aardgasketels

Aardgasketelsystemen hebben enkel een marginale vermindering van de CO₂-uitstoot, omdat de hulpenergie steeds duurzamer wordt.

Systemen waarbij aardgas voorzien in het grootste aandeel van de warmte-opwekking voldoen niet aan de normstelling de komende jaren. Groengas toegevoegd aan de mix kan in de toekomst zorgen voor een lagere CO₂-uitstoot maar daar is in deze studie geen rekening mee gehouden.

4.1.2 Aftapwarmte (WKK-MD)

De CO₂-uitstoot van aftapwarmtecentrales wordt steeds lager. Dit komt doordat:

- De emissiefactor voor de brandstof van de aftapcentrale wordt gecorrigeerd met de primair fossiele inzet van de elektriciteitsopwekking in het landelijke net. Hierin is richting 2030 een sterke daling in voorzien (4);
- De biogene fractie van de brandstof in aftapcentrales wordt hoger door bijmengen van biomassa
- Er worden meer hernieuwbare bronnen (biomassa, geothermie) en restwarmtebronnen aangesloten die de inzet van aftapwarmte verlagen.

Alle systemen voldoen in 2022, 2025 en 2030 aan de voorgestelde normstelling in die jaren.

4.1.3 WKO

De daling van de CO₂-uitstoot in WKO-systemen wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de daling van de primair fossiele energie inzet voor het landelijke elektriciteitsnet. De spreiding in CO₂ emissie blijft echter groot.

Gemiddeld voldoen systemen aan de normstellingen in 2022, 2025 en 2030. Echter zijn er uitschieters die niet voldoen. In het volgende hoofdstuk wordt uitgelegd waarom dit het geval is, specifiek in paragraaf 5.1.3.

4.1.4 WKK zonder derving

Warmtekrachtcentrales zonder elektriciteitsderving zijn neergezet ten behoeve van de warmteproductie. De verduurzaming van de elektriciteit uit het landelijke zorgt ervoor dat een groter deel van de CO₂ toegewezen wordt aan warmte. Hierdoor voldoen alle systemen waar een gasmotor WKK voorziet in de primaire warmte productie niet aan de normstelling de komende 10 jaar.

4.1.5 Bio-energie

Bio-energie installaties voldoen gemiddeld wel aan de normstelling de komende 10 jaar. De grootste systemen hebben de laagste CO₂ emissie en maken dat de gewogen gemiddelde emissie relatief laag is. De spreiding tussen systemen is hoog door wisselende inzet van aardgasgestookte piek- en back-up ketels.

In 2025 zal door uitbreidingen aan het systeem (die ook ingevuld wordt door aardgasketels) een systeem uit de dataset niet voldoen aan de normstelling.

4.1.6 AVI

De systemen met een AVI als preferente opwekker voldoen in 2022, 2025 en 2030 voldoen aan de normstelling. Een toelichting hiervoor is te vinden in 3.1.6.

4.1.7 Overige warmtebronnen

In de prognose zijn geothermie, restwarmte en aquathermie verwerkt in de mix aan opwekkers van het hoofdprincipe. Om een indicatie te geven van een systeem met één van deze bronnen als hoofdbron is een theoretische berekening gemaakt. In Tabel 3 wordt uitgaande van een fictief systeem met 20% warmteverlies waarin 90% van de warmte wordt opgewekt door deze hernieuwbare opwekkers in 2019 en 2030. Het overige aandeel wordt geleverd door een aardgasketel.

Uit de resultaten blijkt dat deze type bronnen een sterke daling in CO₂-uitstoot laten zien richting 2030. Dit komt doordat deze bronnen sterk profiteren van de verduurzaming van de landelijke elektriciteitsmix.

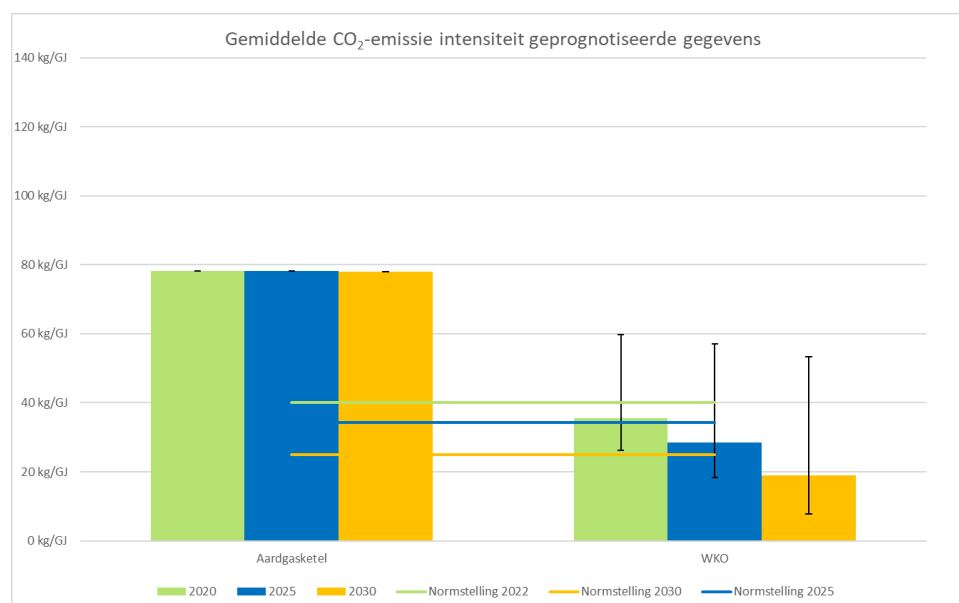
Tabel 3 Theoretische samenstelling warmtesysteem op toekomstig hernieuwbare bronnen. Uitgaande van een systeem waarin de duurzame bron 90% van de warmte produceert en het overige deel wordt geleverd door een aardgasketel. Het aangenomen warmteverlies is 20% en voor hulpenergie voor pompen is uitgegaan van forfaitaire rekenwaarden

	2019	2030
Geothermie	14,3 kgCO ₂ /GJ _{th}	8,6 kgCO ₂ /GJ _{th}
Restwarmte	18,6 kgCO ₂ /GJ _{th}	9,5 kgCO ₂ /GJ _{th}
Aquathermie	33,6 kgCO ₂ /GJ _{th}	11,7 kgCO ₂ /GJ _{th}

De daling in de uitstoot van deze fictieve systemen is volledig gebaseerd op de verlaging van de primaire energiefactor en de CO₂-uitstoot van de Nederlandse elektriciteitsmix. Een volledig overzicht van de ontwikkeling in CO₂-uitstoot van warmte geproduceerd door verschillende warmtebronnen is te vinden in Bijlage VI: Overzicht kengetallen. De PEF_e is van invloed op de CO₂-uitstoot van restwarmte, aftapwarmte, aquathermie (warmtepompen) en WKK's zonder derving en aftapwarmte.

4.2 Kleine systemen

De ontwikkeling van de CO₂ emissie van kleine systemen op basis van voorziene verduurzaming van leveranciers is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 5 Verwachte ontwikkeling van de CO₂-emissie voor kleine systemen (<500 aansluiting) in de komende jaren

4.2.1 Aardgasketels

Vanwege beperkte warmteverliezen is de CO₂-emissie relatief lager dan bij grote netten.

Systemen voldoen niet aan de normstellingen de komende jaren. In het volgende hoofdstuk wordt hier dieper op in gegaan.

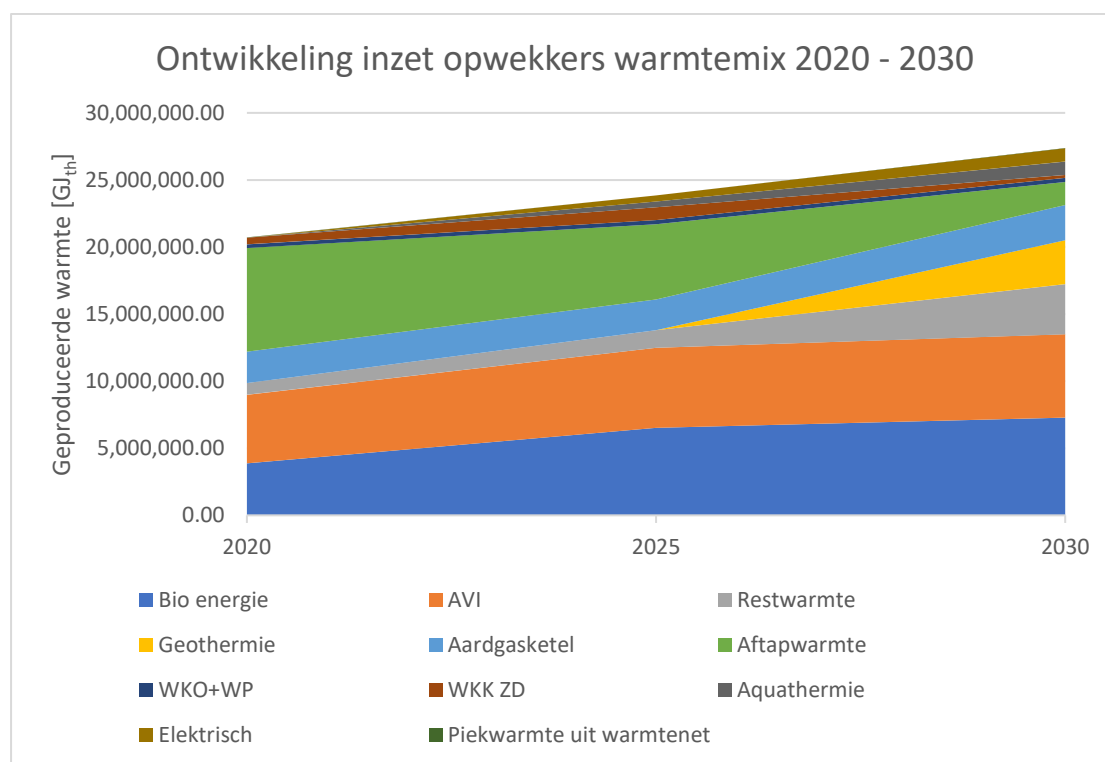
4.2.2 WKO

Kleine WKO-systemen presteren gemiddeld iets beter dan grote systemen. De daling van de CO₂-uitstoot wordt veroorzaakt door de daling van de primair fossiele energie inzet voor het landelijke elektriciteitsnet.

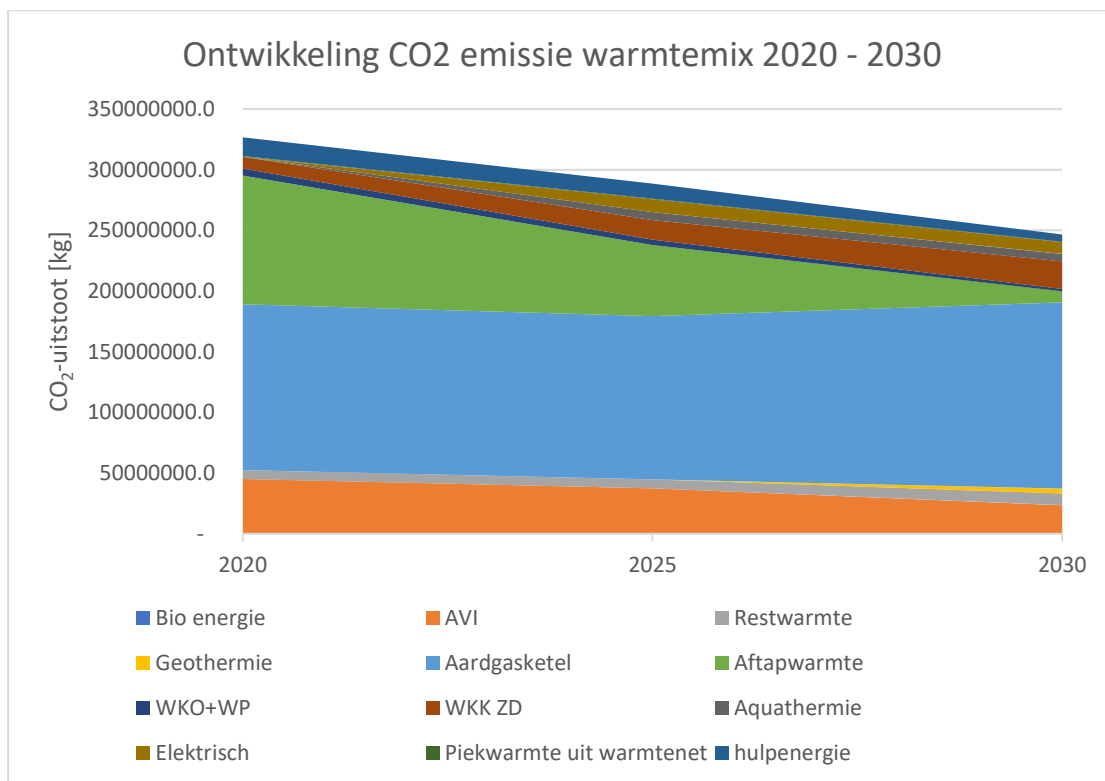
Op basis van onze analyse voldoet ~60% van de systemen wel aan de normstelling in 2030.

4.3 Totaloverzicht ontwikkeling bronnen en CO₂-uitstoot

De geprognostiseerde warmtemix in dit rapport ontwikkelt volgens Figuur 6, de bijbehorende CO₂-uitstoot staat in Figuur 7.



Figuur 6 - Ontwikkeling inzet van verschillende warmte opwekkers in de warmtemix gebruikt voor deze rapportage.



Figuur 7 - Totaaloverzicht geprognoseerde CO₂-uitstoot van de opwekkers in de warmtemix uit dit rapport

5 Belemmeringen voor verdere verduurzaming

In de interviews is dieper ingegaan op de systemen waar de leveranciers de grootste uitdagingen verwachten en welke factoren een wezenlijk effect kunnen hebben op de haalbaarheid van de normstelling.

In dit hoofdstuk worden de belemmeringen weergegeven die warmteleveranciers ervaren in het halen van de voorgestelde normstelling en wat er voor nodig is om de normstelling wel te halen. De belemmeringen zijn hoofdzakelijk van toepassing op de systeemtypen. Om deze reden is geen verder onderscheid gemaakt tussen grote en kleine systemen. Een volledig overzicht hiervan is te vinden in Bijlage VII: Overzicht interne en externe belemmeringen.

5.1 Bestaande systemen

Voor bestaande netten geldt dat er voor de grootste netten de meest concrete plannen zijn voor het ontwikkelen van nieuwe duurzame warmtebronnen. In de onderstaande sub-paragrafen worden de verschillende systeemtypen en belemmeringen uiteengezet die leveranciers ervaren voor verdere verduurzaming. De focus ligt hierbij hoofdzakelijk op de systemen die in de prognose niet of deels niet voldoen aan de normstelling.

5.1.1 Aardgasketels

Bij leveranciers zijn op dit moment geen concrete plannen voor verduurzaming van de aardgasketelsystemen. Voornamelijk zijn dit tijdelijke warmtecentrales die neergezet zijn ter voorbereiding op de komst van een groot transportnet gevoed door een hernieuwbare bron waarvan de komst onzeker geworden of uitgesteld is. Leveranciers kiezen er voor te investeren in de nog grotere systemen, waar meer potentie voor verduurzaming is tegen lagere kosten per bespaarde kgCO₂.

Leveranciers beschrijven deze systemen als relatief klein en moeilijk te verduurzamen. Dit komt doordat deze systemen voornamelijk onderdeel van de gebouwde omgeving zijn en er beperkingen zijn vanuit de fysieke ruimte voor andere opwekkers. Daarnaast zijn in de directe nabijheid weinig tot geen duurzame bronnen aanwezig die op hoge temperatuur kunnen leveren. Eén vaker genoemde verduurzamingsstrategie is het aansluiten wanneer een nieuw warmtenet wordt ontwikkeld in de omgeving van het systeem. Echter is de leverancier daarbij afhankelijk van wanneer deze ontwikkeling plaatsvindt. Daarnaast is er in sommige situaties onduidelijk of er een warmtenet komt en wie dit gaat ontwikkelen.

Leveranciers geven aan dat bestaande subsidieregelingen in de meeste situaties niet toereikend zijn om de onrendabele top af te dekken. Daarbij geven leveranciers aan te streven naar betaalbare marktconforme tarieven om maatschappelijk draagvlak voor haar diensten te kunnen borgen. De SDE++ subsidies speelt daarin een belangrijke rol. In de nieuwe regeling staan warmteopties lager in de meritorder dan bijvoorbeeld CCS wat ertoe kan leiden dat de ontwikkeling van nieuwe bronnen vertraging oploopt. Veel leveranciers pleiten daarom voor een aparte SDE++ categorie voor warmte.

5.1.2 Aftapwarmte

Systemen gevoed door aftapwarmte behoren tot de grootste systemen in de dataset. Het bijstoken van biomassa heeft een grote rol in het verduurzamen van systemen op aftapwarmte. Leveranciers geven aan dat de huidige maatschappelijke discussie rondom de inzet van biomassa maakt dat plannen mogelijk moeten worden heroverwogen. Wanneer de plannen moeten worden herzien voorzien zij voor de korte

termijn (<5 jaar) geen vergelijkbaar duurzaam alternatief. De ontwikkeling van nieuwe duurzame bronnen voor dit type systemen duurt relatief lang, 2 tot 7 jaar.

5.1.3 WKO

Over het algemeen is te stellen dat het temperatuurregime bepalend is voor de haalbaarheid van de normstelling. WKO-systemen die enkel laagtemperatuur (<45 °C) ruimteverwarming voorzien zullen voldoen aan de normstelling. De CO₂ uitstoot van WKO systemen wordt hoofdzakelijk ingevuld door elektriciteit en aardgas voor de piekvoorziening. Dit maakt dat de verduurzaming sterk ook sterk afhankelijk is van de verduurzaming van de PEF_e en de mix aan opwekkers voor het systeem.

Wanneer gasketels voorzien in de temperatuursprong voldoende om tapwaterlevering mogelijk te maken zullen de norm in 2030 over het algemeen niet haalbaar zijn voor deze systemen. Hoog temperatuur warmtepompen kunnen een oplossing bieden maar daar is niet altijd ruimte voor in de bestaande installatie. Er zullen niet alleen ingrijpende aanpassingen aan de opwekkers van het systeem plaats moeten vinden maar ook aan de binnen installaties van afnemers om het temperatuurniveau te verlagen.

WKO systemen liggen vaak in een hoog stedelijke omgeving. Dit maakt dat de fysieke ruimte voor uitbreiding van WKO bronnen en duurzame opwekkers om de fossiele piek inzet te verlagen beperkt is. Dit zorgt er ook voor dat de leveranciers in de meeste gevallen niet de mogelijkheid hebben duurzame elektriciteitsopwekking te realiseren met een directe koppeling aan het warmtesysteem.

De WKO's zijn hoofdzakelijk ontworpen voor een bepaalde groep aan afnemers en niet altijd gericht op grootschalige groei en verdere verduurzaming met andere bronnen. Investerings zijn veelal nog niet afgeschreven de komende vijf tot tien jaar waardoor er geen natuurlijk moment is voor verdere verduurzaming.

Leveranciers geven ook aan dat er onzekerheid bestaat over het verlengen van lopende overeenkomsten. Bestaande subsidieregelingen zijn in de meeste situaties niet toereikend om de onrendabele top af te dekken. Daarbij geven leveranciers aan te streven naar betaalbare marktconforme tarieven om maatschappelijk draagvlak voor haar diensten te kunnen borgen.

5.1.4 WKK zonder derving

Leveranciers beschrijven dit type systemen als relatief klein en moeilijk te verduurzamen. Dit komt doordat deze systemen voornamelijk onderdeel van de gebouwde omgeving zijn en er beperkingen zijn vanuit de fysieke ruimte voor andere opwekkers. Daarnaast zijn in de directe nabijheid weinig tot geen duurzame bronnen aanwezig die op hoge temperatuur kunnen leveren. Leveranciers geven aan in het verleden lokale biomassa installaties overwogen te hebben maar dat dit stuitte op weerstand vanuit de omgeving vanwege NO_x emissies. Daarnaast speelt de maatschappelijke discussie over biomassa een rol waardoor deze plannen worden uitgesteld of afgesteld.

De rekenmethodiek in combinatie met de verduurzaming van de Nederlandse elektriciteitsmix maakt dat de WKK's zonder derving hard stijgen in CO₂-uitstoot (zie ook Bijlage VI: Overzicht kengetallen). Bij leveranciers zijn op dit moment geen concrete plannen voor verduurzaming van de systemen op een WKK zonder derving. Leveranciers geven aan in te willen zetten op investeringen in de nog grotere systemen, waar meer potentie voor verduurzaming is tegen lagere kosten per bespaarde kgCO₂.

Eén andere vaker genoemde verduurzamingsstrategie is het aansluiten wanneer een nieuw warmtenet wordt ontwikkeld in de omgeving van het systeem. Echter is de leverancier daarbij afhankelijk van wanneer

deze ontwikkeling plaatsvindt. Daarnaast is er in sommige situaties onduidelijk of er een warmtenet komt en wie dit gaat ontwikkelen.

Bestaande subsidieregelingen zijn in de meeste situaties niet toereikend om de onrendabele top af te dekken. Daarbij geven leveranciers aan te streven naar betaalbare marktconforme tarieven om maatschappelijk draagvlak voor haar diensten te kunnen borgen.

5.1.5 Bio-energie

De huidige maatschappelijke discussie rondom de inzet van biomassa maakt dat er onzekerheid bestaat over hoe deze systemen in de rekenmethodiek gewaardeerd worden in de komende 10 jaar. Ook leidt deze discussie ertoe dat uitbreidingsplannen door leveranciers worden heroverwogen. Wanneer de plannen moeten worden herzien voorzien zij voor de korte termijn (<5 jaar) geen duurzaam alternatief. De ontwikkeling van nieuwe duurzame bronnen voor dit type systemen duurt relatief lang, 2 tot 7 jaar.

5.1.6 AVI

De biogene fractie in het afval dat wordt verbrand in de AVI heeft een grote rol in de duurzaamheid van systemen op AVI. Ook hier heeft de PEF_e een positieve invloed op de CO_2 -uistoot van warmte. Verder profiteren deze systemen vaak van aparte biomassaketels. De huidige maatschappelijke discussie rondom de inzet van biomassa maakt dat er onzekerheid bestaat over hoe deze systemen in de rekenmethodiek gewaardeerd worden in de komende 10 jaar. De ontwikkeling van nieuwe bronnen voor dit type systemen duurt relatief lang, 2 tot 7 jaar.

5.2 Toekomstige (nieuwbouw) systemen

5.2.1 Grote nieuwe systemen (>500 aansluitingen)

Leveranciers die als doel hebben nieuwe systemen te ontwikkelen met een groot aantal aansluitingen in eindsituatie, voorzien hier de grootste uitdagingen in de vollooperperiode om te voldoen aan de norm. Er ontstaat een knelpunt voor de leverancier wanneer de volloop achter blijft op de prognose en er daardoor minder investeringsruimte beschikbaar is voor een grootschalige duurzame bron. Dit punt is hoofdzakelijk genoemd in relatie tot het ontwikkelen van geothermie. De inschattingen verschillen per systeem en leverancier. Met name de ontwikkeltijd voor geothermiebronnen kan al snel oplopen tot wel 5 – 10 jaar.

5.2.2 Kleine nieuwe systemen (<500 aansluitingen)

Leveranciers die voornemens zijn nieuwe kleine systemen te ontwikkelen zetten voornamelijk in op WKO systemen waarbij een goede balans wordt gezocht tussen warmte- en koudelevering. De leveranciers geven aan dat de huidige norm een duidelijke en haalbare doelstelling is waarop deze nieuwe systemen kunnen worden ontworpen en financieel doorberekend aan klanten.

Elektriciteit is de belangrijkste energiebron voor deze systemen, daarmee is de CO_2 uitstoot voor een groot deel afhankelijk van de ontwikkeling van de PEF_e . Het realiseren van duurzame elektriciteitsopwekking met een directe koppeling aan het warmtesysteem is vanwege de stedelijke omgeving bij deze projecten veelal niet mogelijk. Daarmee zijn deze systemen voor een groot deel afhankelijk van het aandeel duurzame elektriciteit in de landelijke elektriciteitsmix.

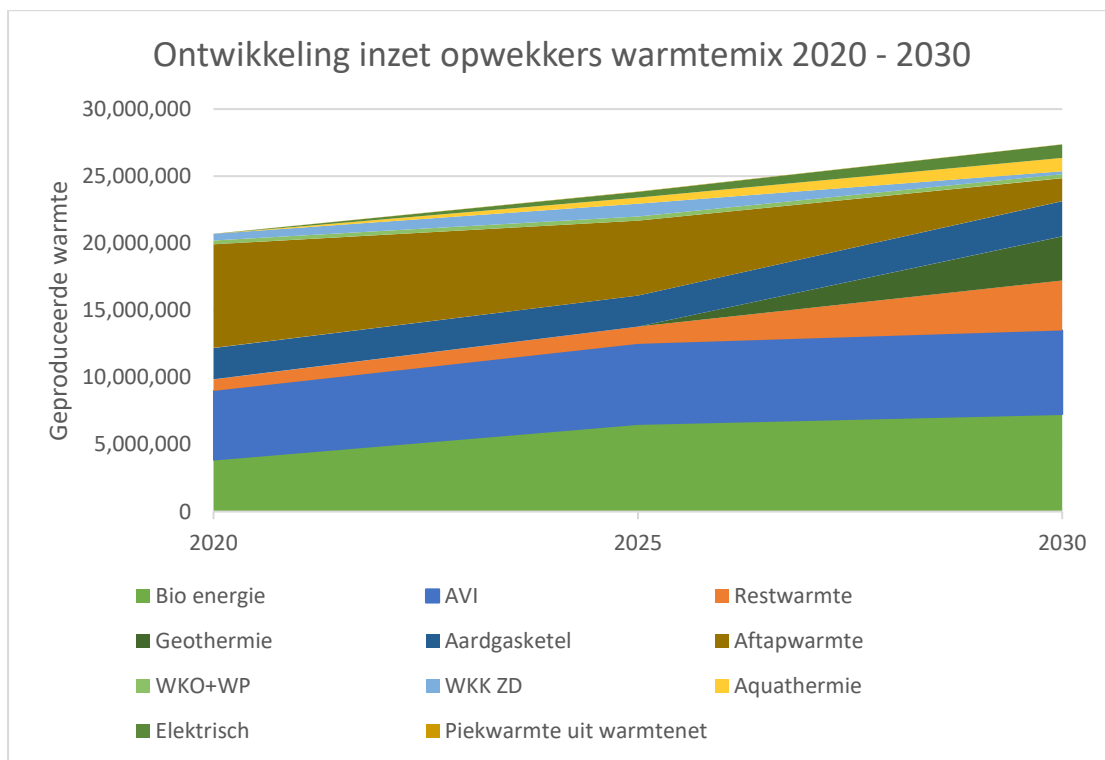
5.3 Voorgestelde oplossingsrichtingen

In de interviews is ingegaan op welke ideeën of oplossingsrichtingen de leveranciers hebben om wel aan de normstelling te kunnen voldoen. Onderstaande Tabel 4 geeft een overzicht van de meest benoemde aspecten.

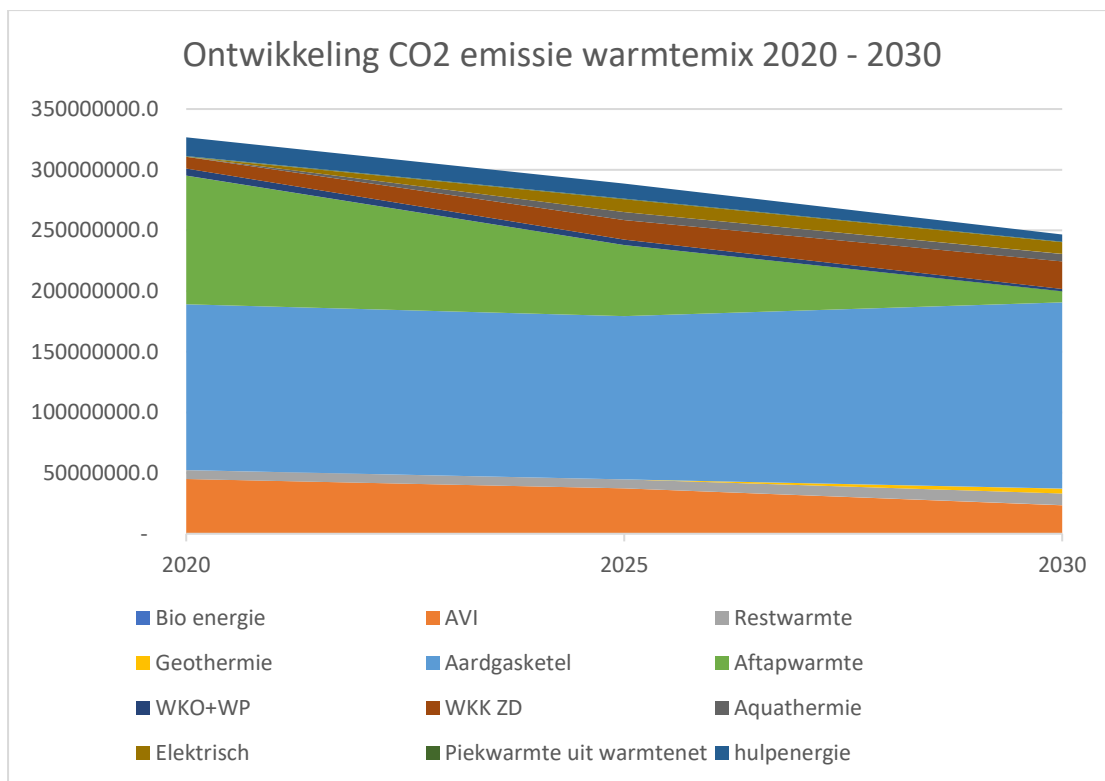
Tabel 4 voorgestelde oplossingsrichtingen door de warmteleveranciers

Omschrijving
Alloceren van groen gas en duurzaam opgewekte elektriciteit, gezamenlijk bepalen onder welke voorwaarden dit mogelijk is.
Portfolio benadering per leverancier i.p.v. individueel norm per warmtenet/kavel.
Duidelijkheid over met welke waarden er gerekend moet worden voor de komende 10 jaar zodat het duidelijk is voor de leverancier op welke technieken zij moet inzetten en er investeringszekerheid is voor nieuwe duurzame bronnen.
Subsidies voor het afdekken onrendabele top bij (des)investeringen in verduurzaming (van kleine bestaande systemen). Het maakt niet uit wie de subsidie krijgt als deze maar ten goede komt aan het project.
Meerjarig gewogen gemiddelde CO ₂ -waardering
Vrijstelling/onthefving/coulance voor bepaalde systemen.

5.4 Totaaloverzicht ontwikkeling geprognostiseerde opwek



Figuur 8 - Totaaloverzicht ontwikkeling inzet verschillende opwekkers.



6 Referenties

1. **Rijksdienst voor ondernemend Nederland.** Publicaties over de Warmtewet. [Online] <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/verduurzaming-warmtevoorziening/publicaties/warmtewet>.
2. **Harmelink, M.** *Duurzaamheid van warmte & koudelevering*. sl : Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, maart 2019, update februari 2020.
3. **TNO.** Warmtemonitor 2019. [Online] 2020. <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2020/35/warmtemonitor-2019>.
4. **Leefomgeving, Planbureau voor de.** *Klimaat- en energieverkenning 2019*. 2019.
5. **Nederlandse Energie Norm.** *NEN 7125:2017 Energieprestatienorm voor maatregelen op gebiedsniveau (EMG) - Bepalingsmethode*.
6. **ECN.** *Factsheet Bio-energie*. 2009.
7. **Schoots, K. en P. Hammingh.** *Klimaat-en Energieverkenning 2019 (KEV)*. sl : Planbureau voor de leefomgeving, 2019.
8. **Ministerie van Economische zaken en Klimaat.** *Wet collectieve warmtevoorziening - internetconsultatie*. 2020.
9. **Kabinet-Rutte III.** *Klimaatakkoord*. sl : www.klimaatakkoord.nl, 2019.
10. **R. Niessink.** *PEF elektriciteit voor rekenmethodiek energieprestatie gebouwen op basis van de KEV 2019*. sl : TNO, 2019.

Bijlage I: Overzicht vergunning houdende warmteleveranciers

Leverancier	Kleine systemen	Grote systemen	Data	Interview
Ennatuurlijk	✓	✓	✓	✓
Eneco	✓	✓	✓	✓
Vattenfall		✓	✓	✓
HVC		✓	✓	✓
Warmtebedrijf Ede		✓	✓	✓
DEVO		✓	✓	✓
Eteck	✓	✓	X	✓
Croonwolter&Dros	✓		✓	X
Gemeente Eindhoven		✓	✓	✓
Unica	✓		✓	✓
Kelvin	✓		X	✓
Inergie	✓		✓	✓
SVP		✓	✓	✓
Engie	✓	✓	✓	✓

**in verband met de vakantieperiode hebben twee leveranciers niet volledig aan het onderzoek mee kunnen doen*

Bijlage III: Interviewvragen

Algemene factoren in het terugdringen van de CO₂ uitstoot

1. In welke mate acht u de normstelling 25 kg CO₂ uitstoot per GJ geleverde warmte in 2030 haalbaar voor uw warmtenetten?
2. Bij welke type systemen verwacht u de grootste uitdagingen en waarom?
3. In welke trend verwacht u dat de daling van CO₂-uitstoot zich zal ontwikkelen tot 2030?
4. Welke interne factoren vormen een belemmering in het halen van de normstelling voor 2030?
Benoem enkel factoren met een significante invloed en kans.
5. Welke externe factoren vormen een belemmering in het halen van de normstelling voor 2030?
Benoem enkel factoren buiten de invloedssfeer van uw organisatie met een significante invloed en kans.
6. Wat is de globale financiële impact voor u bedrijf om de voldoen aan de normstelling per 2030?
7. Wat is er nodig om de normstelling wel te halen?
Regulatorisch, technisch, financieel, subsidies, etc
8. Is uw bedrijf voornemens te lobbyen voor een andere uitwerking van de Warmtewet 2.0 op het punt van deze normstelling? En zo, ja, welke invulling of koers gaat u dan voorstellen?

Technische factoren in het terugdringen van de CO₂ uitstoot

Formuleer de antwoorden per door u opgegeven warmtenet op basis van het voorgenomen en verwachte beleid van uw organisatie.

1. Welke interne factoren ziet u die de CO₂ uitstoot van uw warmtenet(ten) terugdringen?
Benoem de factoren zo concreet mogelijk.
2. Veranderingen in bronnen per warmtenet
 - a. Welke bronnen worden ontkoppeld?
 - b. Welke nieuwe bronnen worden aangesloten?
 - c. Op welke termijn wordt deze bron aangesloten?
 - d. Wat is de verwachte bijdrage van de nieuwe bronnen?*Formuleer de uitbreiding zo concreet mogelijk per opgegeven warmtenet in termen van verwachte aandeel van totaalproductie, GJ's, of bronvermogen en jaartal van ontkoppelen en aansluiten.*
3. Welke mate van net uitbreiding verwacht u tot 2030?
Formuleer de uitbreiding zo concreet mogelijk per opgegeven warmtenet in termen van % uitbreiding, aantal nieuwe WEQ's of extra levering GJ's
4. Welke bijdrage in CO₂ reductie verwacht u van de volgende factoren:
 - a. Veranderingen in warmteverlies?
 - b. Inzet duurzame opwekkers?
 - c. Verbeterde efficiëntie bestaande opwekkers?
 - d. Inzet warmtebuffers i.c.m. bestaande bronnen?

- e. Verbeterde monitoring en aansturing van het net?
- f. Verduurzaming elektriciteitsmix (PEF)
- g. Anders, namelijk ...?

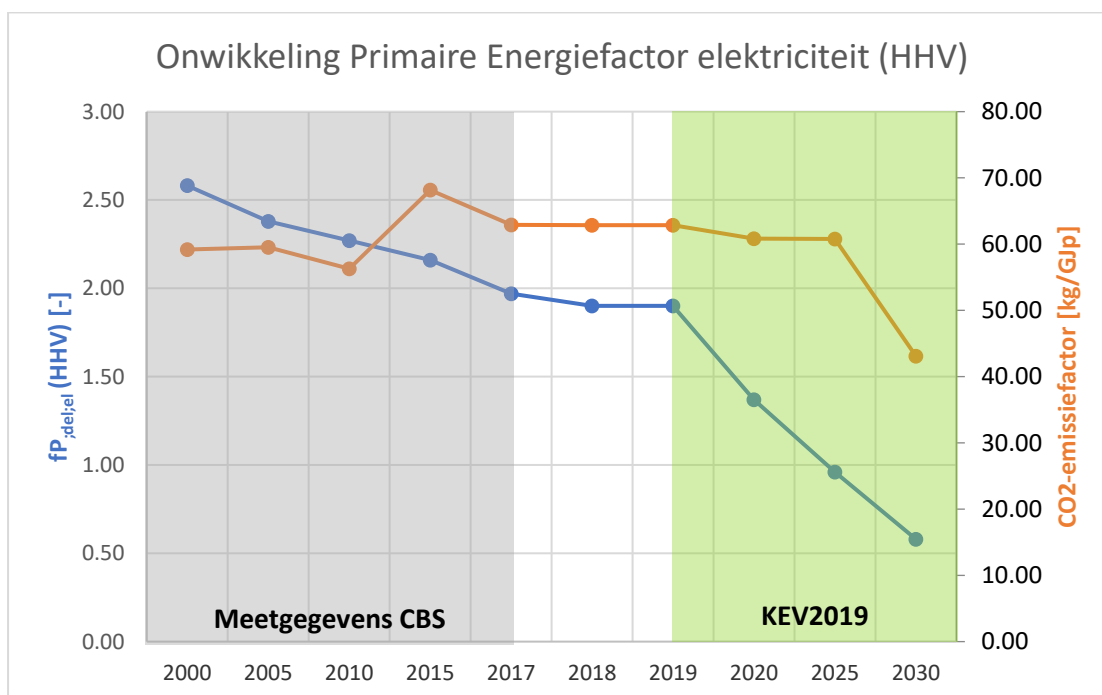
Welke technische factoren vormen een belemmering in het halen van de normstelling voor 2030?

Benoem enkel factoren met een significante invloed en kans.

Bijlage IV: Klimaat en Energieverkenning 2019

De Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2019 geeft een geactualiseerd beeld van de eerdere Nationale Energieverkenning waarin het vastgestelde en voorgenomen beleid van het Klimaatakkoord tot en met 2030 is opgenomen.

De in de KEV2019 gepubliceerde waarden zijn gebaseerd op de onderste verbrandingswaarde (Lower Heating Value, LHV). In de rekenmethodiek behorende bij de CO₂ rapportage verplicht is afgesproken de PEF_e elektriciteit op bovenwaarde te gebruiken zoals jaarlijks wordt vastgesteld door CBS. Figuur 9 geeft de ontwikkeling van de **primaire energiefactor (PEF)** en de **CO₂-emissiefactor** volgens de KEV weer. De getallen zijn berekend op bovenste verbrandingswaarde (Higher Heating Value, HHV).



Figuur 9 - Ontwikkeling primaire energiefactor op bovenwaarde (HHV). Om een eerlijk vergelijk tussen de systemen in de prognose mogelijk te maken is gebruik gemaakt van de resultaten van de integrale methode voor historische jaren (t/m 2017) op basis van de CBS statistieken en de doorrekening van het vastgestelde en voorgenomen beleidscenario uit de KEV 2019 (2).

De factor staat voor de hoeveelheid fossiele brandstoffen (vooral aardgas en kolen) die nodig zijn om één eenheid elektriciteit aan een gebouw te leveren. Hoe lager de factor, hoe minder fossiele brandstof er wordt gebruikt in Nederland om energie op te wekken. Doordat steeds meer elektriciteit afkomstig is uit hernieuwbare bronnen (biomassa, zonne-energie, wind op land en -zee) daalt de PEF geleidelijk.

De knik in de CO₂-emissiefactor rond 2025 komt door het verwachte afschakelen van kolencentrales, hierdoor daalt de CO₂-uitstoot scherper dan de primaire energiefactor.

De CO₂-emissiefactor en de PEF_e zijn gebruikt om de equivalente CO₂-uitstoot van de verschillende opwekkers te berekenen.

Bijlage V: Samenvatting resultaten naar hoofdprincipe en overzicht historie

Samenvatting alle systemen historie

Hoofdprincipe	2017					2018					2019				
	Warmtelevering	Totaal emissie	Gewogen gemiddelde Emissie-intensiteit	Afwijking laag	Afwijking hoog	Warmtelevering	CO2-uitstoot	Gewogen gemiddelde Emissie-intensiteit	Afwijking laag	Afwijking hoog	Warmtelevering	CO2-uitstoot	Gewogen gemiddelde Emissie-intensiteit	Afwijking laag	Afwijking hoog
Aardgasketel	927 GJth	54.018 kg	58 kg/GJ	0 kg/GJ	0 kg/GJ	853 GJth	49.527 kg	58,06 kg/GJ	0,0 kg/GJ	0,0 kg/GJ	786 GJth	44.467 kg	56,57 kg/GJ	0,0 kg/GJ	0,0 kg/GJ
WKK-MD	GJth	kg				GJth	kg				GJth	kg			
WKO	22.289 GJth	857.831 kg	38 kg/GJ	14 kg/GJ	23 kg/GJ	24.029 GJth	855.704 kg	35,61 kg/GJ	15,09 kg/GJ	22,57 kg/GJ	59.630 GJth	1.643.832 kg	27,57 kg/GJ	11,64 kg/GJ	34,61 kg/GJ
WKK-ZD	GJth	kg				GJth	kg				GJth	kg			
Bio-energie	GJth	kg				GJth	kg				GJth	kg			
AVI	GJth	kg				GJth	kg				GJth	kg			
Totaal	23.216 GJth	911.849 kg	39,3 kg/GJ			24.882 GJth	905.230 kg	36,4 kg/GJ			60.416 GJth	1.688.299 kg	27,9 kg/GJ		

Hoofdprincipe	Warmtelevering	Totaal emissie	Gemiddelde Emissie-intensiteit	Afwijking laag	Afwijking hoog	Warmtelevering	CO2-uitstoot	Gemiddelde Emissie-intensiteit	Afwijking laag	Afwijking hoog	Warmtelevering	CO2-uitstoot	Gemiddelde Emissie-intensiteit	Afwijking laag	Afwijking hoog
Aardgasketel	23.570 GJth	1.544.929 kg	65,55 kg/GJ	0,44	12,65 kg/GJ	23.570 GJth	1.539.248 kg	65,31 kg/GJ	0,44	12,83 kg/GJ	23.570 GJth	1.531.674 kg	64,98 kg/GJ	0,45	13,08 kg/GJ
WKK-MD	7.375.949 GJth	179.468.774 kg	24,33 kg/GJ	4,55	4,44 kg/GJ	8.095.621 GJth	138.618.708 kg	17,12 kg/GJ	3,66	3,06 kg/GJ	9.078.101 GJth	116.398.438 kg	12,82 kg/GJ	6,01	5,29 kg/GJ
WKO	244.010 GJth	9.010.248 kg	36,93 kg/GJ	10,70	22,92 kg/GJ	244.010 GJth	7.334.834 kg	30,06 kg/GJ	11,70	27,02 kg/GJ	244.010 GJth	5.072.061 kg	20,79 kg/GJ	12,92	32,60 kg/GJ
WKK-ZD	264.937 GJth	19.367.417 kg	73,10 kg/GJ	5,09	7,50 kg/GJ	283.435 GJth	24.122.233 kg	85,11 kg/GJ	24,41	19,65 kg/GJ	283.435 GJth	30.004.908 kg	105,86 kg/GJ	37,80	31,10 kg/GJ
Bio-energie	1.767.362 GJth	33.070.345 kg	18,71 kg/GJ	16,31	17,78 kg/GJ	2.247.321 GJth	37.484.451 kg	16,68 kg/GJ	10,19	15,61 kg/GJ	2.708.008 GJth	35.196.406 kg	13,0 kg/GJ	11,62	11,29 kg/GJ
AVI	5.505.365 GJth	83.915.840 kg	15,24 kg/GJ	11,30	9,59 kg/GJ	6.500.824 GJth	77.882.545 kg	11,98 kg/GJ	9,22	2,64 kg/GJ	7.749.119 GJth	58.428.575 kg	7,54 kg/GJ	6,03	3,12 kg/GJ
Totaal	15.181.194 GJth	326.377.552 GJth	21,5 kg/GJ			17.394.781 GJth	286.982.020 kg	16,5 kg/GJ			20.086.243 GJth	246.632.062 kg	12,28 kg/GJ	Interne + externe factoren	
											20.086.243 GJth	367.294.507 kg	18,29 kg/GJ	alleen interne factoren	

Overzicht resultaten historische gegevens per systeem

Leverancier	Systeem	Klassificatie systeem	Hoofdprincipe	CO2-emissie 2019
DEVO	DEVO-Veenendaal	Groot	WKK-ZD	47 kg/GJth
HVC	Warmtenet Dordrecht	Groot	AVI	27 kg/GJth
HVC	Warmtenet Alkmaar	Groot	Bio-energie	11 kg/GJth
HVC	Warmtenet Assendelft	Groot	WKK-ZD	49 kg/GJth
Ennatuurlijk	Amernet	Groot	WKK-MD	38 kg/GJth
Ennatuurlijk	Eindhoven Strijp	Groot	Bio-energie	38 kg/GJth
Ennatuurlijk	Den Bosch Paleiskwartier	Groot	WKO	59 kg/GJth
Ennatuurlijk	Maastricht Ceramique	Groot	WKK-ZD	51 kg/GJth
Ennatuurlijk	Enschede	Groot	AVI	6 kg/GJth
Inenergie	Warm Hartje Eindhoven	Klein	WKO	16 kg/GJth
Inenergie	Warm Heren van Breda	Klein	WKO	37 kg/GJth
Inenergie	Warm Lugano Hoofddorp	Klein	WKO	62 kg/GJth
Unica	De Hallen - Amsterdam	Klein	WKO	28 kg/GJth
Unica	UvA FNWi Science Park Amsterdam	Groot	WKO	27 kg/GJth
Unica	Eltheto Rijssen	Klein	WKO	60 kg/GJth
Unica	Oostereiland - Hoorn	Klein	WKO	49 kg/GJth
Unica	Facet Utrecht	Klein	WKO	16 kg/GJth
Gemeente Eindhoven	Waterrijk	Groot	Bio-energie	11 kg/GJth
Croonwolter&Dros	Amberboomstraat	Klein	Aardgasketel	57 kg/GJth
Croonwolter&Dros	MFA Kapelle	Klein	WKO	33 kg/GJth
Croonwolter&Dros	Fluor	Klein	WKO	40 kg/GJth
Eneco	Warmtenet Rotterdam	Groot	AVI	20 kg/GJth
Eneco	Warmtenet Utrecht-Nieuwegein	Groot	WKK-MD	32 kg/GJth
Eneco	WKC Houten	Groot	WKK-ZD	55 kg/GJth
Eneco	WKO De Sniep	Klein	WKO	16 kg/GJth
Eneco	Poptahof	Groot	Aardgasketel	70 kg/GJth
Engie	Overhoeks	Groot	WKO	62 kg/GJth
Engie	Hoochwoert	Klein	WKO	55 kg/GJth
Engie	Heelmeesters	Klein	WKO	42 kg/GJth
Engie	Mahler IV	Groot	WKO	16 kg/GJth
Engie	ODE	Groot	WKO	29 kg/GJth
Stadsverwarming Purmerend	Warmtenet Purmerend	Groot	Bio-energie	27 kg/GJth
Vattenfall	Amsterdam Diemen	Groot	WKK-MD	28 kg/GJth
Vattenfall	Amsterdam NW	Groot	AVI	21 kg/GJth
Vattenfall	Nijmegen	Groot	AVI	24 kg/GJth
Vattenfall	Rotterdam - Hoogvliet	Groot	AVI	21 kg/GJth
Warmtebedrijf Ede	Warmtenet Ede	Groot	Bio-energie	7 kg/GJth

Bijlage VI: Overzicht kengetallen

Tabel gegevens duurzaamheidsrapportage warmtenetten

Parameter	Waarde	Beschrijving/bron
PEF _{elektriciteit}	1,9	CBS, feb 2020: https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2020/08/rendement-en-co2-emissie-elektriciteitproductie-2018
PEF _{gas/kolen}	1	Groengas is nog zeer gering
PEF _{restwarmte}	0,1	Relateren aan energieverbruik voor uitkoppeling. 0,1 is een forfaitaire waarde, zie rapport Harmelink en de NTA 8800 (tabel 5.5)
PEF _{afval}	0,47	Biogene fractie is 53% zie: https://www.cbs.nl/nl-nl/publicatie/2019/40/hernieuwbare-energie-in-nederland-2018
PEF _{biomassa}	0	Zie NTA 8800.
CO ₂ -emissie Elektriciteit	0,43 kg/kWhe	CBS, feb 2020:
	62,87 kg/GJp	https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2020/08/rendement-en-co2-emissie-elektriciteitproductie-2018
CO ₂ -emissie aardgas	51 kg/GJp	zie brandstoffenlijst 2019 van RVO: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/05/Nederlandse%20energiedragerlijst%20versie%20januari%202019.pdf
		Omrekening naar bovenwaarde: $56,6/1,11 = 51,0$ kg/GJ de factor 1,11 staat in bijlage 1 van rapport Harmelink
CO ₂ -emissie Restwarmte	11,95 kg/GJp	Relateren aan energieverbruik voor uitkoppeling.
		6,35 is gebaseerd op de forfaitaire PEF _{restwarmte} van 0,1 (NTA 8800 tabel 5.5) en de omrekening van elektriciteit. Zie ook rapport Harmelink paragraaf 7.6
CO ₂ -emissie afval 2020	39,9 kg/GJp	Zie RIVM https://www.rivm.nl/publicaties/greenhouse-gas-emissions-in-netherlands-1990-2017-national-inventory-report-2019 Omrekening volgens rapport Harmelink. T.o.v. 2019 meer plastics in de mix.
CO ₂ -emissie afval 2019	38,33 kg/GJp	Brandstoffenlijst 2018 van RVO
CO ₂ -emissie biomassa	0 kg/GJp	Volgt uit de PEF van 0 volgens de NTA 8800.
Referentie aardgasketel	58,5 kg/GJth	Uitstoot van een CV-ketel met gemiddeld rendement van 87% op bovenwaarde (volgens de warmteregeling). www.rvo.nl/warmtewet
CO ₂ -emissies kolen	95,0 kg/GJp	Brandstoffenlijst 2020 van RVO: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/03/Nederlandse-energiedragerlijst-versie-januari-2020.pdf

Tabel gegevens ontwikkeling equivalent CO₂-uitstoot geproduceerde warmte uit opwekkers. De onderstaande waardes zijn berekend voor de warmte geproduceerd door de installatie

Warmte opwekker	2017	2018	2019	2020	2025	2030	Beschrijving
Aardgasketel			58,5 kg/GJth	58,5 kg/GJth	58,5 kg/GJth	58,5 kg/GJth	Geproduceerde warmte o.b.v. rendement van 87% constant gehouden
WTP - Aquathermie	31 kg/GJth	30 kg/GJth	30 kg/GJth	21 kg/GJth	15 kg/GJth	6 kg/GJth	Geproduceerde warmte o.b.v. gemiddelde COP van 4
AVI - forfaitair	13,59 kg/GJth	13,11 kg/GJth	13,11 kg/GJth	9,84 kg/GJth	6,89 kg/GJth	4,17 kg/GJth	Methodiek huidige warmtewet verrekend met KEV2019
Aftapwarmte/WKK MD (aardgas)	18 kg/GJth	17 kg/GJth	17 kg/GJth	13 kg/GJth	9 kg/GJth	5 kg/GJth	Geproduceerde warmte o.b.v. dervingsgetal 0.018 en KEV2019
WKK ZD - biomassa	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	Primair energiegebruik biomassa
WKK ZD - productie	16 kg/GJth	20 kg/GJth	20 kg/GJth	53 kg/GJth	75 kg/GJth	105 kg/GJth	Equivalent uitstoot geproduceerde warmte door WKK, verrekend met KEV2019 en thermisch rendement van 0,4 en elektrisch 3,37 (uit NEN7125)
Biomassa	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	Geproduceerde warmte/primaire energie
Bio-ketels	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	0 kg/GJth	Geproduceerde warmte/primaire energie
Restwarmte	12,39 kg/GJth	11,94 kg/GJth	11,94 kg/GJth	8,33 kg/GJth	5,83 kg/GJth	2,50 kg/GJth	Geproduceerde warmte verrekend naar energiegebruik voor uitkoppeling 0.1 zie methode Harmelink
WTP - Restwarmte	40 kg/GJth	39 kg/GJth	39 kg/GJth	27 kg/GJth	19 kg/GJth	8 kg/GJth	Geproduceerde warmte restwarmte + warmtepomp
Geothermie	6,19 kg/GJth	5,97 kg/GJth	5,97 kg/GJth	4,17 kg/GJth	2,92 kg/GJth	1,25 kg/GJth	Geproduceerde warmte geothermiebron o.b.v. COP 20 uit NEN7125
Elektrische boiler	126,42 kg/GJth	121,88 kg/GJth	121,88 kg/GJth	85,03 kg/GJth	59,52 kg/GJth	25,51 kg/GJth	Geproduceerde warmte elektrische boiler met een rendement van 0.98
Referentie warmtenet				40 kg/GJth	34 kg/GJth	25 kg/GJth	Aan de hand van de normstelling

Bijlage VII: Overzicht interne en externe belemmeringen

Nr.	Factor	Omschrijving	Techniek	Fysieke ruimte/omgeving	Organisatie	Juridisch	Financieel	Beleidsmatig	Procedures/lagere overheid	Maatschappelijk
1	Externe factor	Een aantal warmteleveranciers zijn erg afhankelijk van biomassa voor het verduurzamen van het warmtenet op de korte termijn. Het maatschappelijk debat en ontbreken aan een helder statement vanuit de overheid over de rol van biomassa zoals voorgenomen in het klimaatakkoord maken de inzet van biomassa onzekerder.								1
2	Externe factor	Draagvlak voor nieuwe warmtebronnen (geothermie, aquathermie, restwarmte)								1
3	Interne factor	De bedrijfsvoering van warmteleverancier moet aangepast worden om op een juiste manier te kunnen rapporteren over de CO2 emissies. Voor kleine leveranciers is het lastig de kosten die hiermee gemoeid zijn te dragen.			1	1				
4	Externe factor	Er is een minimale basislast noodzakelijk voordat geïnvesteerd kan worden in een duurzame bron. De 'volloop' wordt ingevuld met aardgasketels. Als volloop vertraagt kan er niet op tijd een duurzame bron worden aangesloten en ligt het risico om aan de normstelling te voldoen bij de leverancier. Dit kan de ontwikkeling van nieuwe netten en grootschalige uitbreiding naar bestaande bouw beperken.	1						1	
5	Externe factor	Onduidelijk hoe uitwerking Warmtewet vorm krijgt (o.a. grootte kavel, kostprijs plus) en hoe deze zich gaat verhouden tot andere wet en regelgeving						1		
6	Interne factor	Als biomassa wegvalt is er (voor de komende jaren / 10 jaar) geen gelijkwaardig duurzaam alternatief (want biomassa is makkelijk schaalbaar, relatief snel te ontwikkelen)	1							
7	Externe factor	Er is een gebrek aan stabiel beleid en duidelijke regie vanuit lagere overheden (gemeente) en bevoegd gezag							1	
8	Externe factor	Er is een gebrek aan duidelijkheid en continue beleid vanuit centrale overheid. Het beleid wordt vaak veranderd wat directe gevolgen heeft voor onze bedrijfsvoering en investeringszekerheid						1		
9	Externe factor	Er is gebrek aan duidelijkheid met welke waarden de komende jaren gerekend mag worden						1		
10	Externe factor	Het ontwikkelen van een duurzame bron duurt lang incl. de noodzakelijke voorbereiding, vergunningen, nutsaansluiting (aangegeven is 2 tot 7 jaar)			1				1	
11	Externe factor	SDE++ subsidie is noodzakelijk voor realisatie duurzame warmtebron. In de ranking zoals nu voorzien staat warmte laag in vergelijking tot andere CO2 besparende technieken. Dit leidt mogelijk tot vertraging bij bron ontwikkeling.						1		
12	Externe factor	We zijn afhankelijk van verduurzaming van landelijke elektriciteitsmix (PEF elektriciteit)						1		
13	Externe factor	De beschikbare fysieke ruimte voor nieuwe/aanpassingen warmtebronnen voor bestaande lokale systemen vormt een belemmering (WKO, WKK centrale in wijk)		1						
14	Externe factor	Er is onvoldoende ruimte in ondergrond beschikbaar voor uitbreiding WKO bronnen. O.a. door gebrek aan sturing vanuit bevoegd gezag		1						
15	Externe factor	Er is geen fysieke ruimte beschikbaar voor realiseren duurzame elektriciteitsopwekking met directe koppeling aan warmtesysteem in stedelijke omgeving		1						
16	Externe factor	Beperkingen uit omgeving maken alternatieve technische oplossingen onmogelijk of zeer kostbaar (o.a. eisen t.a.v. geluid, bestaande constructie, esthetische uitstraling, mogelijkheid netverzwaring)	1	1					1	
17	Interne factor	Investerings in kleine netten zijn vaak minder rendabel en gaan daarmee ten koste van investeringsruimte in grote netten / leidt niet tot optimale inzet van kaptipaal voor CO2 besparing					1			
18	Interne factor	Onzekerheid over prestaties van nieuwe technieken voor grootschalige warmteproductie	1							
19	Externe factor	LT bronnen pas rond 2030 positief gewaardeerd vanwege ontwikkeling PEF e dus zijn we nu nog terughoudend in (norm dwingt ons daarmee indirect in te zetten op minder efficiënte MT/HT bronnen)	1							
20	Externe factor	De tijdsduur tot invoering van de norm is te kort om bestaande systemen te verduurzamen. Niet alle systemen kunnen binnen 2 jaar voldoen aan de norm (mede door te hoge PEF e).						1		
21	Interne factor	Het aansluiten van restwarmtebronnen is nu nog te kostbaar (investering uitkoppeling) en onzeker (garantie op levering en continuïteit aanbod).					1			
22	Interne factor	Verduurzaming betekent vaak het vervangen van grootschalige niet duurzame bronnen voor meerdere kleinere duurzame bronnen. Dit vraagt veel inspanning en ontwikkeltijd			1					
23	Externe factor	In ontwerp van collectieve systemen (NEN7125 [PEFe = 1,45], NTA8800) wordt de CO2 uitstoot op een andere manier berekend dan voor exploitatie (Harmelink methode [PEFe 2019 = 1,9]). Daarnaast mag voor individuele oplossingen wel gealloceerd worden en voor collectieve oplossingen niet. Deze verschillen leiden tot suboptimale ontwerp keuzes tussen alternatieven. Bijvoorbeeld bronnen warmtenet biomassa vs. aquathermie met veel elektriciteitsvraag en bijvoorbeeld keuze collectief vs. individueel.						1		
24	Interne factor	De technische alternatieven voor vervangen aardgas/biomassa (ketels) en WKK's in bestaande kleinschalige systemen (WKO bivalent, WKK, collectie gasketel) zijn beperkt en kostbaar	1				1			
25	Interne factor	Er is twijfel over of nieuwe investeringen binnen de huidige afschrijftermijn van de installatie terugverdient kunnen worden.					1			
26	Interne factor	We zijn gebonden aan lopende overeenkomsten met afnemers (tarieven, resterende contractduur, opstalrecht)				1				
27	Externe factor	De mate waarin afnemers openstaan voor technische alternatieven (zoals tapwaterproductie in de woning) om ons systeem te optimaliseren/verduurzamen								1
28	Interne factor	De timing van geplande (her)investeringen en geplande uitbreiding sluit niet aan op het voorgestelde tijdspad in de norm					1	1		
29	Interne factor	We zien ontwikkeling groot warmtenet als een oplossing voor verduurzamen 'lastige projecten'. Daarmee zijn we ook afhankelijk van die vaak onzekere ontwikkeling, soms door andere partij.	1							
30	Externe factor	Beleid en regelgeving NOx emissies heeft invloed op inzet electriciteits en warmte centrales. Dit kan leiden tot een gedwongen andere warmte broninzet met hogere CO2 emissies						1		
31	Externe factor	De mate waarin de verduurzaming van onze systemen woonlasten neutraal gerealiseerd kan worden. Dit is noodzakelijk voor ons image en acceptatie van afnemers								1
32	Externe factor	De buitentemperatuur in de winter bepaald hoeveel aardgas we bij moeten stoken / elektriciteit we in de piekvoorziening moeten stoppen		1						
33	Externe factor	We zijn afhankelijk van hoeveel koude (extra) we kunnen leveren om voor bestaande WKO systemen te kunnen voldoen. Enkel projecten waar we veel koude kunnen leveren voldoen nu aan de norm.	1							
34	Interne factor	Er ontbreken meetgegevens, koudelevering wordt niet gemeten	1							
35	Interne factor	Investerings zijn nog niet afgeschreven. Des/extra investeringen zijn in kleine systemen niet inpasbaar					1			
36	Interne factor	Van technische innovaties in bronnen (WKO, WP) verwachten we niet veel, de grootste winst is geweest. Dit levert onvoldoende op om zonder grote aanpassingen systemen die nu niet voldoen wel te laten voldoen	1							
37	Interne factor	Technische alternatieven die er zijn voor de piekvoorziening en of deze voor een redelijke prijs kunnen produceren	1				1			
38	Interne factor	Het verlagen van warmtevraag bij afnemers zodat er meer capaciteit in ons bestaande net beschikbaar komt voor nieuwe aansluitingen	1							1
	Externe factor	Voor nieuwe systemen zorgt de NTA8800 al voor voldoende verduurzaming van collectieve systemen								
39	Externe factor	De mate waarin we bewoners meekrijgen in de transitie.								1
		Totaal	48	19	9	8	36	48	17	24