



# Ketenemissies warmtenetten

2022 en 2030



*Committed to the Environment*

# Ketenemissies warmtenetten

2022 en 2030

Dit rapport is geschreven door:  
Maarten Bruinsma en Marianne Teng

Delft, CE Delft, oktober 2024

Publicatienummer: 24.240293.126

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Maarten Bruinsma](#) (CE Delft)

## CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# 1 Inleiding

Op [co2emissiefactoren.nl](https://co2emissiefactoren.nl) staan de emissiefactoren gepubliceerd die organisaties kunnen gebruiken om hun klimaatvoetafdruk te berekenen. CE Delft heeft in opdracht van Rijkswaterstaat en Stimular de ketenemissies van het gemiddelde Nederlandse warmtenet berekend. In deze notitie staat kort de werkwijze beschreven. Het gaat hierbij om de ketenemissies van de in Nederland geproduceerde warmte voor warmtenetten in 2022 en in 2030.

# 2 Uitgangspunten warmtenet

De uitgangspunten voor de mix van warmtebronnen voor 2022 en 2030 zijn:

- We gaan uit van een *gemiddeld* warmtenet in Nederland voor 2022 en 2030. Dit betreft een gemiddelde van grote en middelgrote warmtenetten.
  - Voor 2022 gaan we uit van de inzet van de warmtebronnen zoals beschreven door CE Delft (2023b), op basis van duurzaamheidsrapportages<sup>1</sup> van alle Nederlandse warmtenetten.
  - Voor 2030 gaan we voor de inzet van de warmtebronnen uit van de prognose die CE Delft (2023b) gemaakt heeft. CE Delft heeft deze prognose gemaakt op basis van data over de huidige situatie, de groeiambities en duurzaamheidseisen voor 2030 en andere ontwikkelingen die invloed hebben op de warmtebronnenmix.
- De bronnenmix, het rendement per warmtebron en de distributieverliezen<sup>2</sup> van het gemiddelde warmtenet nemen we ook volledig over van de studie van CE Delft (2023b):
  - 2022: 25% distributieverlies. Dit is het gemiddelde warmteverlies dat warmtebedrijven in 2022 rapporteerden.
  - 2030: 20% distributieverlies. Dit is een expertinschatting, die door warmtebedrijven als realistisch wordt beschouwd.
- Voor alle warmtebronnen berekenen we de ketenemissies in lijn met de rekenmethode conform het rapport Duurzaamheid Warmtelevering van Harmelink (2023) en conform de forfaitaire waarden van NTA8800. Dit is in lijn met de jaarlijkse duurzaamheidsrapportages van warmtebedrijven en van RVO.
- De ketenemissies van de belangrijkste warmtebronnen (meer dan 90%-bijdrage aan de totale warmteproductie) zijn specifiek berekend. Voor 2022 is 94% van alle warmtebronnen meegenomen, voor 2030 91% (zie Tabel 1). In de totale ketenemissies is voor het aandeel van de warmtebronnen die niet specifiek berekend zijn, uitgegaan van het gewogen gemiddelde van alle warmtebronnen die wel specifiek berekend zijn. De kleine warmtebronnen die samen minder dan 10% van de totale warmte leveren, betreffen:
  - wko (warmte- en koudeopslag);
  - zonthermie;
  - TEO (thermische energie uit oppervlaktewater);
  - TEA (thermische energie uit afvalwater);
  - bron voor klein net.<sup>3</sup>

De bronnenmix voor warmtenetten op basis van bovenstaande uitgangspunten is weergegeven in Tabel 1. In deze tabel zijn ook de warmtebronnen weergegeven waarvan de ketenemissies niet specifiek zijn berekend.

---

<sup>1</sup> Sinds 2020 zijn warmtebedrijven verplicht om te rapporteren over de duurzaamheid van hun warmtenetten volgens Artikel 12a lid 3c (Rijksoverheid, 2022).

<sup>2</sup> Distributieverliezen omvatten het fysieke verlies door het transport van elektriciteit en het administratieve verlies door fraude, meetfouten en onvolkomenheden in de administratie (CBS, 2024d).

<sup>3</sup> 'Bron voor klein net' is een zeer diverse groep energiebronnen die niet goed in kaart is gebracht. De ketenemissies van deze warmtebron zijn daarom niet in kaart gebracht, maar vallen onder de < 10% energiebronnen die niet specifiek berekend zijn.



Tabel 1 - Bronnenmix warmtenetten 2022 en 2030, bij productielocatie

Warmtebron	2022		2030		Meegenomen in ketenemissies
	PJ	%	PJ	%	
Aftapwarmte AVI	6	17%	8	15%	Ja
Aftapwarmte STEG/wkk met derving	13	38%	6	13%	Ja
Restwarmte	2	5%	7	13%	Ja
Wkk zonder derving (fossiel)	2	5%	0,1	0%	Ja
Wkk zonder derving (biogas)	0,7	2%	0,5	1%	Ja
Biomassa	5	15%	6	12%	Ja
Gasketel	4	12%	3	5%	Ja
Wko	0	0%	0,6	1%	Nee
Warmtepomp	0	0%	2	4%	Ja
Zonthermie	0	0%	0	0%	Nee
TEO	0	0%	1	2%	Nee
TEA	0	0%	1	2%	Nee
Restwarmte datacenter	0	0%	2	4%	Ja
Geothermie	0	0%	8	15%	Ja
E-boiler	0	0%	4	8%	Ja
Bronnen voor klein net	2	6%	2	4%	Nee

Bron: (CE Delft, 2023b).

### 3 Kettenemissies warmtenetten

In Tabel 2 geven we de emissiefactor voor ketenemissies van het *gemiddelde* Nederlandse warmtenet voor 2022 en 2030. In deze tabel geven we ook de directe emissies van deze warmtenetten weer, op basis van berekeningen van RVO (2023) en CE Delft (2023b).

Tabel 2 - Emissiefactor gemiddeld Nederlandse warmtenet (kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ<sub>thermisch</sub>) in 2022 en 2030, bij eindgebruiker (inclusief distributieverlies)

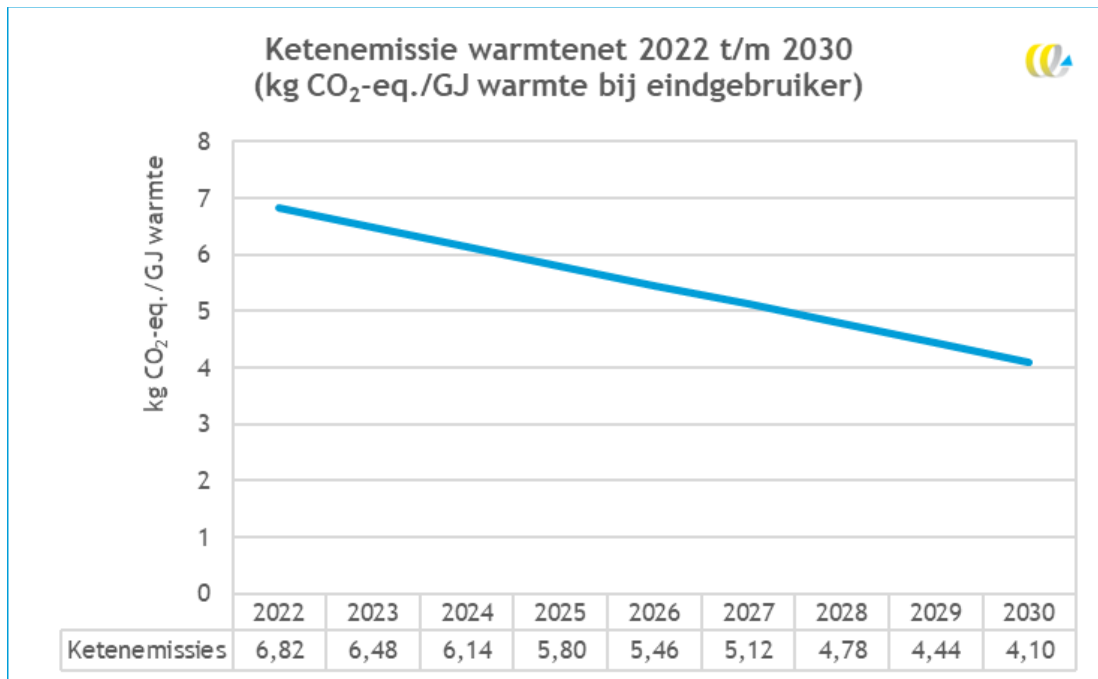
Warmtenet NL	Ketenemissies (kg CO <sub>2</sub> -eq./GJ)	Directe emissies (kg CO <sub>2</sub> -eq./GJ)	Totaal (kg CO <sub>2</sub> -eq./GJ)
2022 (werkelijk)	6,82	24,13 *	30,96
2030 (prognose)	4,10	10,50 **	14,60

\* Kettenemissies gemiddeld warmtenet. Gewogen gemiddelde van 'groot' en 'middelgroot' warmtenet uit RVO (2023), aangezien voor kleine netten (6,5% van totale geleverde warmte in 2022) geen directe emissies zijn berekend door RVO (2023).

\*\* Kettenemissies gemiddeld warmtenet, volgens CE Delft (2023b).

De kettenemissies van alle jaren tussen 2022 en 2030 kunnen ingeschat worden, als we uitgaan van een jaarlijkse lineaire daling van deze ketenemissies (-0,34 kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ per jaar). Dit is een grove inschatting, op basis van de beschikbare data. Voor 2024 zijn de ketenemissies volgens deze aanname **6,14 kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ**.

Figuur 1 - Ketenemissie Nederlandse warmtenet (kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ), 2022 t/m 2030, bij eindgebruiker (inclusief distributieverlies). Inschatting o.b.v. lineaire daling tussen 2022 en 2030



### 3.1 Ketenemissies individuele warmtebronnen

In Figuur 2 laten we de bijdrage van individuele warmtebronnen aan de totale ketenemissies van warmtenetten zien. In Tabel 3 is de emissiefactor voor de ketenemissies van elke individuele warmtebron weergegeven, exclusief warmtebronnen die buiten beschouwing zijn gelaten. Figuur 2 en Tabel 3 tonen alléén ketenemissies, **directe emissies zijn hierin niet meegenomen**<sup>4</sup>.

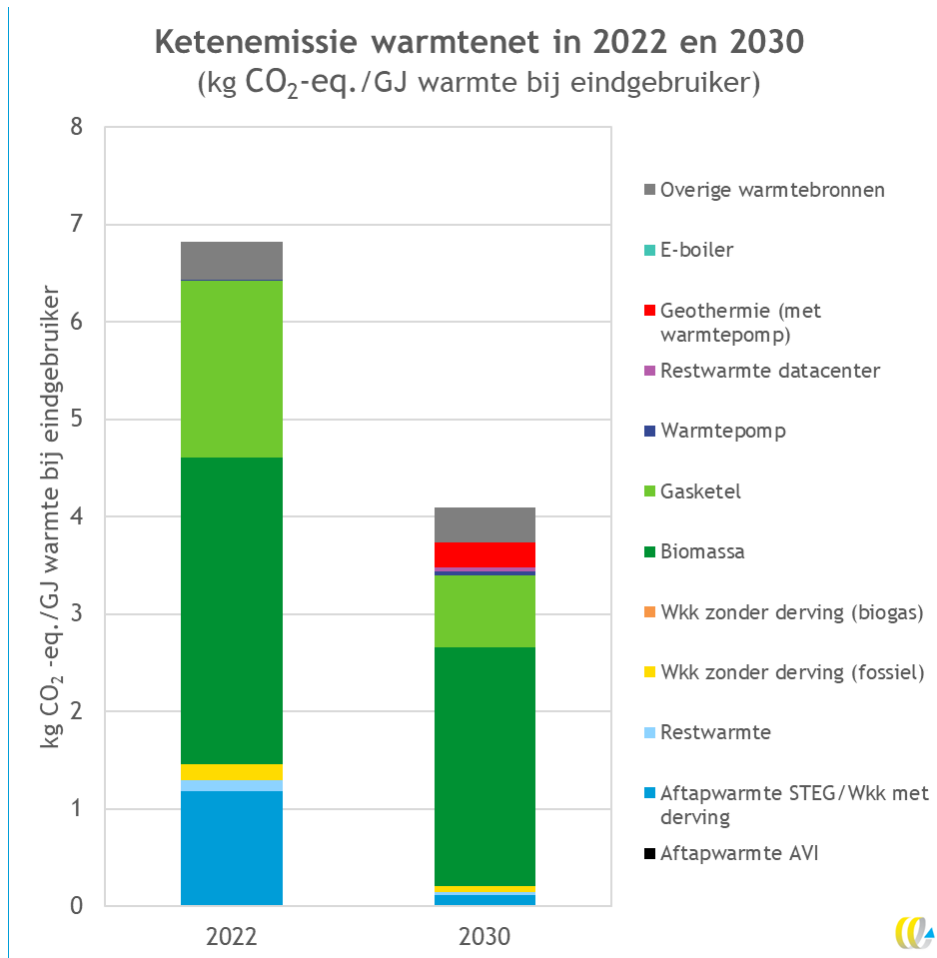
In Figuur 2 is te zien dat de ketenemissies van warmtenetten met name afkomstig zijn van de productie van biomassa (46% van de totale ketenemissies in 2022, 60% van de totale ketenemissies in 2030) en de productie van aardgas voor de gasketel (27% van de totale ketenemissies in 2022, 18% van de totale ketenemissies in 2030). Deze beide warmtebronnen hebben een relatief laag rendement van 80%, waardoor er relatief veel brandstof verbruikt wordt per GJ warmte.

Bij warmte uit biomassa speelt daarnaast mee dat de houten pellets die als brandstof gebruikt worden, een lagere stookwaarde hebben dan andere brandstoffen, terwijl hun ketenimpacts relatief hoog zijn (zie Tabel 3). Deze ketenimpact komt voor meer dan de helft door transport van biomassa uit Noord-Amerika en voor een derde door een relatief hoog energieverbruik tijdens de productie van pellets.

Bij biomassa moet wel vermeld worden dat deze brandstof **geen directe emissies heeft** tijdens de warmteproductie, doordat er geen fossiele CO<sub>2</sub> vrijkomt bij de verbranding. Directe emissies zijn niet meegenomen in Figuur 2 of Tabel 3.

<sup>4</sup> De directe emissies zijn voor fossiele bronnen veel hoger dan de ketenemissies. Deze directe emissies worden niet per warmtebron getoond, aangezien deze directe emissies alleen voor *totale warmtenetten* beschikbaar zijn.

Figuur 2 - Ketenemissie Nederlandse warmtenet (kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ), 2022 en 2030, bij eindgebruiker (inclusief distributieverlies). Met inzicht in de contributie van individuele warmtebronnen



In Tabel 3 is ten slotte te zien dat de ketenemissies van wkk zonder derving (fossiel) in 2030 aanzienlijk hoger zijn dan in 2022. Dit verschil wordt veroorzaakt door de rekenregels van Harmelink (2023). Een wkk zonder derving wekt namelijk ook elektriciteit op, wat specifiek voor de toepassing van aardgas in mindering moet worden gebracht op de totale (keten)emissies.<sup>5</sup> Deze vermeden emissies worden berekend op basis van de emissiefactor van elektriciteit, die dankzij de verduurzaming van het elektriciteitsnet in 2030 aanzienlijk lager is dan in 2022. Daarom zijn de vermeden emissies in 2030 ook aanzienlijk lager dan in 2022, terwijl de emissies van aardgasproductie identiek zijn voor beide jaren. Deze rekenregel resulteert daarmee in hogere netto ketenemissies in 2030.

<sup>5</sup> De ketenemissies van wkk zonder derving (fossiel) zijn dus de som van de emissies van aardgasverbranding minus de vermeden emissies door elektriciteitsopwekking.

Tabel 3 - Emissiefactoren per individuele warmtebron, 2022 en 2030 (kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ), bij eindgebruiker (inclusief distributieverlies)

Warmtebron	Ketenemissies 2022 (kg CO <sub>2</sub> -eq./GJ)	Ketenemissies 2030 (kg CO <sub>2</sub> -eq./GJ)
Aftapwarmte AVI	0	0
Aftapwarmte STEG/wkk met derving	3,11	0,94
Restwarmte	2,00	0,24
Wkk zonder derving (fossiel)	3,16	20,86
Wkk zonder derving (biogas)	0	0
Biomassa	21,70	20,83
Gasketel	15,20	14,60
Warmtepomp	8,94	1,05
Restwarmte datacenter	9,56	1,12
Geothermie (met warmtepomp)	9,96	1,66
E-boiler	0	0

Meer informatie over de achtergronddata en berekeningen per warmtebron is te vinden in Hoofdstuk 0 en Bijlage A.

### 3.2 Vergelijking ketenemissies 2015 en 2022

De meest recente studie naar de ketenemissies van warmtenetten is uitgevoerd door CE Delft (2016), naar de ketenemissies in 2015. De ketenemissies van warmtenetten voor 2022 zijn ongeveer twee keer zo hoog als de ketenemissies in 2015 (3,44 kg CO<sub>2</sub>-eq./GJ). Dit heeft meerdere oorzaken:

- Biomassa:
  - Het aandeel biomassa bij energieproductie is zeer sterk gestegen tussen 2015 en 2022. In 2022 werd er ruim 60 keer meer biomassa gebruikt voor warmtewinning dan in 2015 (CBS, 2024a). De exacte groei van biomassa in warmtenetten in deze periode is niet bekend, maar het is aannemelijk dat het aandeel biomassa binnen warmtenetten ook sterk gestegen is in deze periode.
  - De groeiende hoeveelheid biomassa komt met name uit Noord-Amerika, in plaats van uit Europa (CE Delft, 2022). Doordat hiervoor grote transportafstanden afgelegd worden, nemen de ketenemissies per kg biomassa toe.
- Aardgas:
  - De ketenemissies van aardgas zijn gestegen, doordat Gronings gas gedeeltelijk is vervangen door LNG uit onder andere de Verenigde Staten en Qatar. De ketenemissies van LNG zijn flink hoger dan Gronings aardgas (Royal HaskoningDHV, 2023).
  - De ketenemissies van aardgas zijn voor 2022 ook completer in kaart gebracht dan voor 2015, waardoor de ketenemissies gestegen zijn. CE Delft (2016) gaf een inschatting van de winning en transport naar Nederland. De data die we bij deze update voor 2022 en 2030 gebruikt hebben is van Royal Haskoning DHV (2023). Royal Haskoning heeft specifieke berekeningen uitgevoerd naar de winning, behandeling, transport in exportland, liquificatie in exportland (bij LNG), transport naar Nederland, hervergassing in Nederland, transmissie in Nederland en distributie in Nederland.

## 4 Ketenemissies per warmtebron

De uitgangspunten om de ketenemissies per warmtebron te bepalen, zijn:

- De benodigde brandstofinput per MJ geproduceerde warmte berekenen we op basis van de energievraag per warmtebron conform de methodiek van Harmelink (2023)<sup>6</sup>, in lijn met de berekening van directe emissies van warmtenetten door RVO (2023). Deze aanpak is ook in lijn met CE Delft (2023b).
  - Wanneer er sprake is van elektriciteitsopwekking of -verbruik, passen we daarnaast de factor ‘primair fossiele energie-inzet’ toe die voorgeschreven wordt door Harmelink (2023), in lijn met CE Delft (2023b). Deze factor voert voor 2022 en 2030 een correctie door voor de hoeveelheid fossiele energie in het elektriciteitsnet die ingezet wordt om één eenheid warmte te produceren, onafhankelijk van de brandstof van de warmtebron. In 2022 is dit een factor van 1,42, aangezien het elektriciteitsnet in 2022 nog vooral bestaat uit fossiele energiebronnen. In 2030 is dit een factor 0,44, aangezien het elektriciteitsnet in 2030 vooral bestaat uit hernieuwbare energiebronnen (Harmelink, 2023).<sup>7</sup>
- In de ketenemissies is de productie en het transport van brandstoffen voor warmtebronnen meegenomen.
- In de ketenemissies is de productie van energiecentrales, infrastructuur en productiemiddelen zoals pv-panelen en windmolens niet meegenomen:<sup>8</sup>
  - dit is in lijn met de overige emissiefactoren op CO2emissiefactoren.nl;
  - voor de ketenemissies van elektriciteit heeft CE Delft (2023a) deze ketenemissies wel berekend, die losstaand zijn weergegeven op CO2emissiefactoren.nl.
- De ketenemissies van elektriciteit, aardgas en biomassa baseren we op eerder onderzoek en de ecoinvent 3.10 cut-off-database, zie Bijlage A:
  - De ketenemissies van elektriciteitsverbruik in 2022 en 2030 baseren we op CE Delft (2023a)<sup>9</sup>, waarbij we de achtergronddata updaten van ecoinvent 3.9 naar ecoinvent 3.10. De ketenemissies per energiebron blijven hierbij identiek, de energiemix van het Nederlandse elektriciteitsnet passen we aan voor 2022 en 2030.
  - De ketenemissies van aardgasverbruik in 2022 en 2030 baseren we op CE Delft (2023a) en Royal HaskoningDHV (2023). De meest recente data hiervoor betreffen ketenemissies in 2022/2023. Deze ketenemissies passen we daarom toe voor zowel 2022 als 2030.
  - De ketenemissies voor biomassa baseren we op CE Delft (CE Delft, 2022, 2023a) voor zowel 2022 als 2030.
- Voor alle klimaatimpactberekeningen maken we gebruik van de impactassessmentmethode IPCC 2021 GWP100 V1.01, zoals opgenomen in SimaPro v9.6.0.1.

Hieronder lichten we per warmtebron toe hoe we de ketenemissies modelleren. In Bijlage A geven we weer hoe we de ketenemissies van elektriciteitsverbruik en aardgasverbruik modelleren.

<sup>6</sup> Harmelink (2023) beschrijft de rekenmethodiek die binnen het Warmtenet is verplicht voor het berekenen van de duurzaamheid van warmtenetten. De rekenmethodiek sluit aan op NEN 7125 en NTA 8800.

<sup>7</sup> Conform Harmelink (2023) en in lijn met en NEN 7125 is deze factor berekend als  $1/\text{rendement primair fossiel}$ . In 2022 is dit rendement 70,5%, volgens TNO (2021). In 2030 is dit rendement 224,7%, volgens tabel 23b in de KEV 2022 (PBL, 2022). Meer informatie over deze factor is te vinden in Harmelink (2023) en NEN 7125. Een uitgebreide toelichting van deze factor vraagt om een uitgebreide omschrijving over de rekenregels van Harmelink (2023) en valt buiten de scope van deze studie.

<sup>8</sup> Op CO2emissiefactoren.nl zijn de emissies van de centrale en productiemiddelen niet meegenomen in de gepresenteerde emissiefactoren. Zie voor meer informatie de ‘Algemene Toelichting’ op [www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren](http://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren).

<sup>9</sup> Ketenemissies, berekend conform de integrale methode. De emissiefactor van de integrale methode geeft de gemiddelde CO<sub>2</sub>-eq.-emissie per eenheid geproduceerde elektriciteit voor een specifiek jaar.





## Aftapwarmte AVI

Bij de opwekking van warmte uit afval is er geen sprake van ketenemissies. Afval wordt namelijk niet ‘geproduceerd’ voor energieopwekking. Bij afvalverbranding komen wel emissies vrij, maar deze emissies zijn al opgenomen in de directe emissies van afvalverbranding die gerapporteerd worden door RVO (2023).

## Aftapwarmte STEG/wkk met derving

Door een STEG energiecentrale wordt elektriciteit opgewekt, waarbij warmte meermaals teruggeleid kan worden naar de turbine om de efficiëntie van elektriciteitsopwekking te maximaliseren. Wanneer warmte niet teruggeleid wordt, maar wordt afgetapt voor warmtenetten, is de efficiëntie van elektriciteitsopwekking 18% lager, conform NEN 7125<sup>10</sup>. Deze elektriciteit moet elders in het elektriciteitsnet worden opgewekt.

De ketenemissies van warmte uit een STEG met derving, stellen we in lijn met CE Delft (2023b) en Harmelink (2023) gelijk aan de ketenemissies van elektriciteitsopwekking elders. Per MJ afgetapte warmte, moet elders in het elektriciteitsnet 0,18 MJ elektriciteit worden opgewekt om te compenseren voor het efficiëntieverlies van elektriciteitsopwekking, conform NEN 7125.

Dit vertaalt zich met de factor ‘primair fossiele energie-inzet’ en verlies van warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030) naar een totaal energieverbruik van 0,32 MJ aardgas in 2022 en 0,10 MJ aardgas in 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker.

## Restwarmte

Restwarmte is een bijproduct, waardoor er geen brandstof voor restwarmte wordt geproduceerd. Wel wordt er elektriciteit verbruikt om de restwarmte uit te koppelen. Conform de NTA8800 en in lijn met CE Delft (2023b) en Harmelink (2023) gaan we uit van 0,07 MJ<sub>elektrisch</sub> per MJ<sub>thermisch</sub>.

Dit vertaalt zich met de factor ‘primair fossiele energie-inzet’ en verlies van warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030) naar een totaal energieverbruik van 0,03 kWh elektriciteit in 2022 en 0,01 kWh elektriciteit in 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker.

## Wkk zonder derving (fossiel)

Bij wkk zonder derving wordt elektriciteit en warmte opgewekt. De warmte kan direct afgetapt worden, zonder dat dit invloed heeft op de efficiëntie van elektriciteitsopwekking.

De ketenemissies van warmte uit een wkk zonder derving, berekenen we conform NEN 7125 en in lijn met CE Delft (2023b) en Harmelink (2023) op basis van de totale hoeveelheid aardgas per MJ warmte **minus** de hoeveelheid elektriciteit die opgewekt wordt. Conform CE Delft (2023b) wordt er per MJ warmte 2 MJ aardgas verbruikt (50% thermisch rendement), waarbij ook 0,21 kWh (0,74 MJ) elektriciteit wordt opgewekt.

---

<sup>10</sup> Omzettingfactor elektrisch/thermisch uit NEN 7125, sectie 7.3.4.6.



Dit vertaalt zich met de factor ‘primair fossiele energie-inzet’ voor elektriciteit en verlies van de warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030) naar een totaal energieverbruik van 2,50 MJ aardgas in 2022 en 2,40 MJ aardgas in 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker. Hierbij wordt 0,36 kWh elektriciteit in mindering gebracht in 2022 en 0,11 kWh elektriciteit in mindering gebracht in 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker.

## Wkk zonder derving (biogas)

Energie uit biogas was in 2022 volgens CBS (2024e) hoofdzakelijk afkomstig uit RWZI slib en mest. Biogasproductie is daarmee afvalverwerking. In lijn met afvalverbranding in een AVI, is er daarom geen sprake van ‘brandstofproductie’ voor energieopwekking. Bij verbranding van biogas komen wel emissies vrij (biogene CO<sub>2</sub>), maar deze emissies zijn al opgenomen in de directe emissies van afvalverbranding die gerapporteerd worden door RVO (2023). Doordat er geen sprake is van fossiele CO<sub>2</sub>-emissies, wordt het brandstofverbruik in lijn met CE Delft (2023b) en Harmelink (2023) ook niet gecompenseerd voor de hoeveelheid opgewekte elektriciteit.

## Gasketel

Een ketel voor aardgas heeft een rendement van 80% in zowel 2022 als 2030, volgens CE Delft (2023b) en TNO (2021). Inclusief verlies van warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030), betekent dit dat er 1,56 MJ aan aardgas benodigd is per MJ warmte bij de eindgebruiker in 2022 en 1,50 MJ in 2030.

## Biomassa

Volgens CBS (CBS, 2024b, 2024e) en CE Delft (2022) wordt energie uit biomassa dat niet verbrand wordt in een AVI of ingezet is als biogas, opgewekt uit houten pellets. Ook SDE++ en CE Delft (2023b) definiëren opwek van energie uit ‘biomassa’ als energie uit houtachtig materiaal. De ketenemissies van houtpellets nemen we over van CE Delft (2023b).

Een ketel voor biomassa heeft net als een ketel voor aardgas een rendement van 80% in zowel 2022 als 2030, volgens CE Delft (2023b) en TNO (2021). Inclusief verlies van warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030) betekent dit dat er 1,56 MJ aan houtpellets benodigd is per MJ warmte bij de eindgebruiker in 2022 en 1,50 MJ aan houtpellets in 2030. Dit staat in zowel 2022 als 2030 afgerond gelijk aan 0,09 kg houtpellets per MJ warmte bij de eindgebruiker (stookwaarde (LHV) van 17 MJ/kg, zie Bijlage A).

De impact van houtpellets is grotendeels afkomstig van transport (60%) en van de productie van pellets (33%). Het transport heeft een relatief hoge impact, doordat bijna de helft van de houtpellets afkomstig is uit Noord-Amerika en per schip naar Nederland wordt getransporteerd. Meer informatie over de achtergronddata van biomassa is te vinden in Bijlage A.

## Warmtepomp

Een warmtepomp die warmte uit lucht haalt, heeft gemiddeld een COP van 3,2 in zowel 2022 als 2030, oftewel 0,31 MJ<sub>elektrisch</sub> per MJ<sub>thermisch uitgekoppeld</sub>. Deze vorm van warmte wordt in 2022 nog niet toegepast in warmtenetten, maar is wel voorzien in de warmtemix van 2030 (CE Delft, 2023b). Bij de toepassing van de warmtepomp gaat CE Delft (2023b) ervan uit dat deze ingezet wordt voor de basislast aan warmte, niet alleen als piek- en back-upvoorziening.

Dit vertaalt zich met de factor 'primair fossiele energie-inzet' en met verlies van warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030) naar een totaal energieverbruik van 0,15 kWh elektriciteit in 2022 en 0,05 kWh elektriciteit in 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker.

## Restwarmte datacenter

Restwarmte bij datacenters wordt opgewaardeerd met een warmtepomp, volgens CE Delft (2023b). De temperatuur van warmte uit datacenters is namelijk niet hoog genoeg om toe te passen in een warmtenet. Deze warmte moet daarom eerst opgewaardeerd worden naar een hogere temperatuur met een warmtepomp. Deze vorm van warmte wordt in 2022 zeer beperkt toegepast in warmtenetten, maar is wel voorzien in de warmtemix van 2030 (CE Delft, 2023b).

Conform de NTA8800 en in lijn met CE Delft (2023b) en Harmelink (2023) gaan we voor het uitkoppelen van restwarmte uit van  $0,07 \text{ MJ}_{\text{elektrisch}}$  per  $\text{MJ}_{\text{thermisch uitgekoppeld}}$ . De warmtepomp heeft een COP van 3,20 (CE Delft, 2023b), wat zich vertaalt in  $0,31 \text{ MJ}_{\text{elektrisch}}$  per  $\text{MJ}_{\text{thermisch}}$ . In totaal is per MJ teruggewonnen restwarmte dus 0,09 kWh elektriciteit (0,33 MJ) nodig (CE Delft, 2023b).

Dit vertaalt zich met de factor 'primair fossiele energie-inzet' en verlies van warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030) naar een totaal energieverbruik van 0,17 kWh elektriciteit in 2022 en 0,05 kWh elektriciteit in 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker.

## Geothermie met warmtepomp

Geothermie is vrijwel exclusief geothermie met een warmtepomp, volgens CE Delft (2023b).<sup>11</sup> Deze vorm van warmte wordt in 2022 nog niet toegepast in warmtenetten, maar is wel voorzien in de warmtemix van 2030 (CE Delft, 2023b).

In lijn met CE Delft (2023b) gaan we voor het uitkoppelen van warmte uit geothermie uit van een COP van 20, oftewel  $0,05 \text{ MJ}_{\text{elektrisch}}$  per  $\text{MJ}_{\text{thermisch uitgekoppeld}}$ . De warmtepomp heeft een COP van 3,20 (CE Delft, 2023b), wat zich vertaalt in  $0,31 \text{ MJ}_{\text{elektrisch}}$  per  $\text{MJ}_{\text{thermisch}}$ . In totaal is per MJ teruggewonnen restwarmte dus 0,09 kWh elektriciteit (0,33 MJ) nodig (CE Delft, 2023b).

Volgens CE Delft (2023b) en Harmelink (2023) komt er ook aardgas vrij bij gebruik van geothermie, wat verbrand wordt in een gasketel om warmte te leveren. In de winter is deze warmte additief, vanwege de hoge warmtevraag. In de zomer is de warmtevraag echter zo laag, dat deze warmte uit aardgas ervoor zorgt dat er minder warmte uit geothermie wordt opgewekt. Daarom wordt door CE Delft (2023b) aangenomen dat warmte uit het vrijkomende gas 50% van de tijd (winterperiode, met koude helft lente en herfst) voor rekening is van geothermie. Op basis van TNO (2021) heeft CE Delft (2023b) berekend dat de emissie uit bijvangst uitkomt op 4,8 kg CO<sub>2</sub> per GJ warmte. Dit staat gelijk aan 0,09 MJ aardgas per MJ geleverde warmte<sup>12</sup>, waarvan 50% toegekend wordt aan geothermie.

<sup>11</sup> Doordat het onzeker is welk type geothermie toegepast zal worden in 2030, wordt in CE Delft (2023b) uitgegaan van de worst-case (hoogste emissie per MJ warmte): geothermie met een warmtepomp.

<sup>12</sup> CE Delft (2023b) houdt hierbij directe emissies van 50,8 kg CO<sub>2</sub>-eq per GJ warmte aan.



Dit vertaalt zich met de factor ‘primair fossiele energie-inzet’ en verlies van warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030) naar een totaal energieverbruik van 0,16 kWh elektriciteit in 2022 en 0,05 kWh elektriciteit in 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker. Daarnaast wordt er afgerond 0,06 MJ aardgas verbruikt in zowel 2022 als 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker.

## E-boiler

Het gebruik van elektrische boilers, ook wel e-boilers, is volgens CE Delft (2023b) en Harmelink (2023) beoogd als piek- en back-upvoorziening (Dynamic Reference Price Mechanism). Dit houdt in dat e-boilers alleen gebruikt worden op momenten dat er sprake is van een overschot op het elektriciteitsnet, veroorzaakt door harde wind en/of veel zon (Harmelink, 2023). Deze vorm van warmte wordt in 2022 nog niet toegepast in warmtenetten, maar is wel voorzien in de warmtemix van 2030 (CE Delft, 2023b).

Het rendement van een e-boiler wordt door ingeschat op 99% (Harmelink, 2023), oftewel  $1,01 \text{ MJ}_{\text{elektrisch}}$  per  $\text{MJ}_{\text{thermisch}}$ . Dit vertaalt zich met de factor ‘primair fossiele energie-inzet’<sup>13</sup> en verlies van warmte tijdens distributie (25% verlies in 2022, 20% verlies in 2030) naar een totaal energieverbruik van 0,50 kWh groene elektriciteit in 2022 en 0,15 kWh groene elektriciteit in 2030 per geleverde MJ warmte bij de eindgebruiker.

---

<sup>13</sup> De factor ‘primair fossiele energie-inzet’ wordt ook hier toegepast, als worst-case conform Harmelink (2023).



## 5 Literatuurlijst

- CBS. (2024a). Statline: Biomassa; verbruik en energieproductie uit biomassa per techniek. In: CBS. (2024b). *Statline: Biomassa; verbruik en energieproductie uit biomassa per techniek*. Centraal Bureau voor de Statistiek.  
<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82004NED/table?dl=ACB13>
- CBS. (2024c). *Statline: Elektriciteit en warmte; productie en inzet naar energiedrager*.  
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80030ned/table?dl=9E467>
- CBS. (2024d). *Statline: Elektriciteitsbalans; aanbod en verbruik*.  
<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84575NED/table?dl=90FDB>
- CBS. (2024e). *Statline: Hernieuwbare elektriciteit; productie en vermogen*.  
<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82610NED/table?dl=A8CC4>
- CE Delft. (2016). *Ketenemissies warmtelevering : Directe en indirecte emissies*.
- CE Delft. (2022). *Convenant duurzaamheid biomassa: Jaarrapportage 2021*.
- CE Delft. (2023a). *Ketenemissies elektriciteit, actualisatie elektriciteitsmix 2021*.
- CE Delft. (2023b). *Verduurzaming bronnen voor warmtenetten. Opgave, onrendabele top en knelpunten richting 2030*.
- DNV GL, & Energy Advisory. (2019). *Gevolgen van de inzet van biomassa voor elektriciteit en warmte productie op emissies naar de lucht*.
- Harmelink, M. (2023). *Duurzaamheid van warmte- & koudelevering Voorstel voor inhoud van de rapportageverplichting onder de Warmtewet, update 2023*.
- Lee, J. S., Sokhansanj, S., Lau, A. K., Lim, C. J., Bi, X. T., Basset, V., Yazdanpanah, F., & Melin, S. (2015). The effects of storage on the net calorific value of wood pellets. *Canadian Biosystems Engineering*, 2015(1).
- PBL. (2021). *Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2021*.
- PBL. (2022). *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022*.
- PBL. (2023). *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2023: Ramingen van broeikasgasemissies, energiebesparing en hernieuwbare energie op hoofdlijnen*.
- Rijksoverheid. (2022). artikel 12a lid 3c ,Warmtewet. In: artikel 12a lid 3c ,Warmtewet.
- Royal HaskoningDHV. (2023). *Ketenemissies aardgasmix 2022 - 2023*.
- RVO. (2023). *Duurzaamheidsrapportage 2022*.
- Telmo, C., & Lousada, J. (2011). Heating values of wood pellets from different species. *Biomass and bioenergy*, 2011(35), 2634-2639.
- TNO. (2021). *Berekening duurzaamheid van warmtebronnen*.



## A Achtergronddata elektriciteit, aardgas en houtpellets

De ketenemissies van warmtebronnen worden in de meeste gevallen grotendeels of geheel bepaald door het verbruik van elektriciteit en/of aardgas. In deze bijlage is kort toegelicht hoe de data van CE Delft (2023a) is gebruikt en aangepast om de ketenemissies voor 2022 en 2030 weer te geven.

### A.1 Elektriciteit

Voor de ketenemissies van de gemiddelde elektriciteitsmix van 2022 en 2030 maken we gebruik van de methodiek en data van CE Delft (2023a). Aangezien CE Delft (2023a) over de elektriciteitsmix in 2021 gaat, passen we de bijdrage van individuele energiebronnen aan de totale elektriciteitsproductie aan naar de situatie in 2022. De directe emissies van elektriciteitsopwekking (emissie uit schoorsteen van energiecentrales) nemen we niet mee, aangezien deze directe emissies al meegenomen zijn in de directe emissies van warmtenetten zoals gepubliceerd door RVO (2023) en CE Delft (2023b). Ook verwijderen we de ketenemissies van energiecentrales, infrastructuur en productiemiddelen zoals pv-panelen en windmolens, in lijn met de scope van deze studie voor warmtenetten.

De energiemix in 2022 baseren we op data van CBS (2024c), in lijn met [co2emissiefactoren.nl](https://co2emissiefactoren.nl). De energiemix in 2030 baseren we op data van de KEV 2021 (PBL, 2021), aangezien dit het meest recente jaar was dat alle benodigde data in de KEV gepubliceerd is. De KEV 2023 (PBL, 2023, tabel 14a) bevat geen data over 2030.<sup>14</sup>

De ketenemissies per energiebron in de elektriciteitsmix nemen we over van CE Delft (2023a). Hierbij updaten we de achtergronddata van ecoinvent 3.9 naar ecoinvent 3.10.<sup>15</sup> We houden rekening met een distributieverlies van 4,06% (CE Delft, 2023a). Ook de rendementen van individuele energiebronnen zijn meegenomen. In lijn met de scope van dit onderzoek en [co2emissiefactoren.nl](https://co2emissiefactoren.nl), zijn ketenemissies van energiemiddelen en infrastructuur niet meegenomen.

In Tabel 4 geven we een overzicht van de elektriciteitsmix in 2022 en 2030, per energiebron. In Tabel 5 geven we de ketenemissies van 1 kWh elektriciteit.

Tabel 4 - Elektriciteitsmix 2022 en 2030

Energiebron	2022 (%)	2030 (%)
Aardgas	39,2%	26,2%
Kolen	12,2%	0,0%
Overig fossiel	3,4%	0,4%
Nucleair	3,4%	2,3%
Wind	17,6%	50,9%
Zon	14,0%	16,1%
Waterkracht	0,0%	0,0%
Biomassa	8,0%	2,1%
Overig	2,1%	1,6%
<b>Totaal</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Bron 2022: CBS (2024c), KEV 2023 (PBL, 2023).

Bron 2030: KEV 2021 (PBL, 2021).

<sup>14</sup> De KEV 2023 is geen volledige update, maar een update op hoofdlijnen. Dit betekent onder andere dat de tabellen voor 2030 niet aangepast zijn.

<sup>15</sup> Deze update is uitgevoerd om eventuele updates in achtergronddata mee te nemen, maar heeft geen wijzigingen tot gevolg gehad in de ketenemissies.

Tabel 5 - ketenemissies per 1 kWh elektriciteit, 2022 en 2030 (gram CO<sub>2</sub>-eq./kWh)\*

	2022	2030	Eenheid
Ketenemissies elektriciteit *	58	23	Gram CO <sub>2</sub> -eq./kWh

\* Exclusief de productie van energiecentrales, infrastructuur en productiemiddelen, zoals pv-panelen en windmolens.

## A.2 Aardgas

De ketenemissies van aardgas zijn overgenomen van CE Delft (2023a). We hebben hierbij geen aanpassingen gedaan, aangezien CE Delft (2023a) gebruikmaakt van de meest recente ketenemissiedata voor aardgas die momenteel beschikbaar zijn, van Royal HaskoningDHV (2023). Dit betreffen de ketenemissies van aardgas in 2022/2023. Deze ketenemissies passen we daarom toe voor zowel 2022 als 2030.

De verbrandingswaarde (LHV) van aardgas is 36,89 MJ/Nm<sup>3</sup> (Royal HaskoningDHV, 2023).

## A.3 Houtpellets

Volgens CBS (CBS, 2024b, 2024e) en CE Delft (2022) wordt energie uit biomassa die niet verbrand wordt in een AVI of ingezet is als biogas, opgewekt uit houten pellets bij meestook of decentrale opwekking. Ook SDE++ en CE Delft (2023b) definiëren opwek van energie uit ‘biomassa’ als energie uit houtachtig materiaal. Voor 2022 en 2030 nemen we aan dat de ketenemissies identiek zijn aan de ketenemissies voor biomassa uit CE Delft (2022).

Volgens CE Delft (2022) bestaan deze pellets voor 92,5% uit biogene rest- en afvalstromen en voor 7,5% uit primair hout. De ketenemissies omvatten de productie van primair hout (afvalhout is vrij van impact), het energieverbruik bij pelletproductie en het transport van hout naar Nederland. Hierbij maken we gebruik van de data uit CE Delft (2023a):

- Transport van pellets voor meestook en decentraal is ingeschat op basis van de herkomst naar werelddeel op basis van CE Delft (2022): 32% uit de EU, 21% uit niet-EU Europese landen (met name Rusland) en 47% uit Noord-Amerika. Aangenomen is dat transport uit Europa plaatsvindt met een EURO 4-vrachtwagen (>32 ton), en uit Noord-Amerika met een oceanschip. Als gemiddelde transportafstand is gerekend met 1.500 km voor binnen de EU, 3.000 km voor niet-EU (met name Rusland) en 7.500 km voor Noord-Amerika.
- De productie van pellets voor meestook en decentraal is gemodelleerd op basis van de ecoinvent-proceskaart *Wood pellet, measured as dry mass {RER}* | *wood pellet production*. Voor afvalhout is hierbij de productie van primair hout voorafgaand aan de pelletproductie uit de proceskaart verwijderd, aangezien afvalhout vrij van impact is.

De stookwaarde (lower heating value, LHV) van houtpellets verschilt. Deze is bijvoorbeeld door Telmo and Lousada (2011) vastgesteld op 15,6-17,9 MJ/kg en door Lee et al. (2015) op 17,7-18,3 MJ/kg. Het ministerie van IenW gaat uit van 16,5-19,3 MJ/kg (DNV GL & Energy Advisory, 2019). Voor houtpellets in Nederland schatten we de stookwaarde in op 17 MJ/kg, op basis van vier Nederlandse producenten: [Ten Damme B.V.](#) (4,77 kWh/kg), [Masterfire](#) (4,85 kWh/kg), [Onlinehoutpellets.nl](#) (minimaal 4,60 kWh/kg) en [Zweedse pellets](#) (4,60 kWh/kg). In Tabel 6 geven we de ketenemissies van 1 kg houtpellets.

Tabel 6 - ketenemissies per 1 kg houtpellets, 2022 en 2030 (gram CO<sub>2</sub>-eq./kg)

	2022 & 2030	Eenheid
Ketenemissies houtpellets	236	Gram CO <sub>2</sub> -eq./kg

