



OVERIGE BROEIKASGASEMISSIES IN DE KLIMAAT- EN ENERGIEVERKENNING 2019

Achtergronden bij de ramingen van de overige broeikasgasemissies uit alle sectoren exclusief de landbouw

E. Honig (RIVM)*

28 januari 2020

***In opdracht van PBL**

PBL

Colofon

Overige broeikasgasemissies in de Klimaat- en Energieverkenning 2019

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2020

PBL-publicatienummer: 4042

Contact

Erik.honig@rivm.nl

Auteurs

Erik Honig (RIVM)

Redactie

Pieter Hammingh (PBL)

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Honig E., 2020, Overige broeikasgasemissies in de Klimaat- en Energieverkenning 2019. Publicatienummer 4042. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Methoden	5
2.1	Beleidsvarianten	5
2.2	Onzekerheidsanalyse	5
3	Toelichting per bron	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Afvalverwijdering en stortplaatsen: methaan	8
3.3	Nijverheid: lachgas	8
3.4	Nijverheid: F-gassen	9
	3.4.1 Productie van HCFK22	9
	3.4.2 Ompakken	9
	3.4.3 Stationaire koeling	9
	3.4.4 Overige (Schuimen, Smitbussen, Brandblusmiddelen)	9
	3.4.5 Productie primair aluminium	9
	3.4.6 Halfgeleider industrie	9
	3.4.7 SF ₆ Totaal (Vermogensschakelaars, Dubbelglas, Elektronenmicroscopen)	11
3.5	Verkeer & Vervoer	10
3.6	Industriële activiteiten in de energiesector: methaan	10
3.7	Gasmotoren in WKK-installaties: methaan	10
3.8	Overige bronnen methaan en lachgas	11
	Referenties	12

1 Inleiding

Naast de CO₂-emissieramingen zijn er ook emissieramingen van de overige broeikasgassen (OBKG) opgesteld in de Klimaat- en Energieverkenning 2019 (Schoots en Hammingh, 2019). De overige broeikasgassen zijn: methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en de gefluoreerde broeikasgassen (HFK's, PFK's en SF₆), ook wel F- gassen genoemd. Deze gassen worden geëmitteerd door meerdere sectoren zoals bijvoorbeeld de afvalsector, de industrie en de landbouw. Dit achtergrondrapport bevat een toelichting op de ramingen voor de overige broeikasgassen voor alle sectoren behalve de landbouw (veeteelt en akkerbouw). De ramingen voor de overige broeikasgassen uit de landbouw (veeteelt en akkerbouw) worden toegelicht in een ander achtergrondrapport (Velthof et al., 2019). De methaanemissies die vrijkomen bij de inzet van gasmotoren in de glastuinbouw worden wel in dit achtergrondrapport toegelicht.

Om de emissies van overige broeikasgassen te kunnen vergelijken met die van CO₂ moeten ze worden omgerekend naar CO₂-equivalenten en kunnen dan bij elkaar worden opgeteld. Dat is de rekeneenheid voor de bijdrage van broeikasgassen aan het broeikaseffect. Het omrekenen is gebaseerd op het 'Global Warming Potential' (GWP), dat is de mate waarin een gas bijdraagt aan het broeikaseffect. Zo heeft methaan een GWP van 25 CO₂-equivalenten en zwavelhexafluoride (SF₆) een GWP van 22.800 CO₂-equivalenten. Dat houdt in dat 1 kilo methaan over een periode van 100 jaar 25 keer meer aan het broeikaseffect bijdraagt dan 1 kilo CO₂. 1 kilo zwavelhexafluoride draagt zelfs 22.800 keer meer bij dan 1 kilo CO₂. Het GWP-concept is ontwikkeld door het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Zo wordt uiteindelijk de totale emissie van broeikasgassen uitgedrukt in CO₂-equivalenten.

In het vijfde Assessment-rapport van het IPCC uit 2014 (AR5) zijn nieuwe waarden voor de GWP's vastgesteld. Voor internationale rapportages is echter afgesproken om de GWP's uit het vierde assessment-rapport (IPCC AR4) uit 2007 te gebruiken, en ook voor de KEV worden deze nog gehanteerd (zie Tabel 1).

Tabel 1.1: Global Warming Potential (GWP) van de belangrijkste broeikasgassen (IPCC, 2007)

Broeikasgas	GWP
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
HFK23	14800
HFK32	675
HFK134a	1430
HFK143a	4470
HFK125	3500
PFK14	7390
PFK116	12200
SF ₆	22800

2 Methoden

2.1 Beleidsvarianten

De KEV 2019 bevat het beleid per 1 mei 2019, dus bijvoorbeeld nog zonder het inmiddels vastgestelde Klimaatakkoord van 28 juni 2019. In de KEV zijn er twee beleidsvarianten, vastgesteld beleid, en vastgesteld en voorgenomen beleid. Voor de overige broeikasgassen (excl. landbouw) is er geen verschil tussen deze beide beleidsvarianten, aangezien op geen enkele emissiebron voorgenomen beleid van toepassing is. Daarom geeft dit document alleen een toelichting op de variant met het vastgestelde beleid.

2.2 Onzekerheidsanalyse

Net als voor CO₂ zijn voor de overige broeikasgassen uit de overige sectoren onzekerheden voor diverse sectoren bepaald. Daarbij is rekening gehouden is met de onzekerheid met betrekking tot de economische ontwikkelingen en de effecten van beleidsmaatregelen. De onzekerheden gerelateerd aan de economische ontwikkelingen zijn bepaald met behulp van economische onzekerheidsmarges van het PBL (Drissen et al., 2016). De onzekerheden gerelateerd aan beleidsmaatregelen zijn gebaseerd op expertinschattingen. Voor verdere informatie over het bepalen van onzekerheden wordt verwezen naar het Achtergrondrapport onzekerheidsanalyses bij de NEV 2017 (van der Welle et al., 2017).

3 Toelichting per bron

3.1 Inleiding

Het startpunt van de ramingen is voor alle bronnen de gerealiseerde emissie, uitgedrukt in CO₂-equivalenten, in het basisjaar. Daarvoor wordt in deze KEV2019 het jaar 2017 gehanteerd, plus de voorlopige cijfers van 2018. In Tabel 3.1 is voor de overige sectoren per bron een overzicht van de emissies van de overige broeikasgassen over de periode 1990-2030 opgenomen. De fysieke groeireeksen welke zijn gebruikt bij de ramingen zijn in Tabel 3.2 opgenomen.

De belangrijkste wijzigingen in de ramingen ten opzichte van de NEV 2017 zijn in het KEV-hoofdrapport samengevat in paragraaf 3.4. Toegespitst op de overige broeikasgassen geldt dat de emissies in de KEV 2019 hoger zijn dan in de NEV 2017. Dat heeft de volgende oorzaken:

- Toevoeging van een emissiebron van N₂O, dat vrijkomt bij de productie van acrylonitril in de organische basischemie. Dit leidt tot 0,4 megaton CO₂-equivalenten extra emissie per jaar over de periode 2017-2030.
- Als gevolg van het wegvallen van het Handelsstromenonderzoek is voor de berekening van de HFK-emissies uit stationaire koeling een nieuwe methode ontwikkeld. Deze is doorgevoerd in de realisatiecijfers, en wordt vanaf de KEV 2019 ook gebruikt voor de ramingen. Dat heeft tot gevolg dat deze emissie in 2030 0,4 megaton CO₂-equivalenten hoger uitkomt ten opzichte van de NEV 2017.
- Ten opzichte van NEV 2017 wordt er in de KEV 2019 uitgegaan van meer gasmotoren in de landbouw, leidende tot een 0,4 megaton CO₂-equivalenten hogere methaanemissie door methaanslip in 2030.

Tabel 3.1 Emissies overige broeikasgassen (Mton CO₂-equivalenten) uit de overige sectoren, 1990-2030, identiek voor V en VV (RIVM/Emissieregistratie, 2019; KEV 2019).

Bron	Stof	Realisaties						Ramingen		
		1990	2005	2010	2015	2017	2018 ¹⁾	2020	2025	2030
Industriële activiteiten in de energiesector: methaan	CH₄	16,0	7,2	5,4	4,0	3,5	3,4	3,2	2,5	2,0
Afvalverwijdering en stortplaatsen	CH ₄	13,7	5,8	4,1	3,0	2,6	2,4	2,2	1,6	1,2
Olie- en gaswinning	CH ₄	1,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1
Transport aardgas	CH ₄	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Distributie aardgas	CH ₄	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Waterzuivering	CH ₄	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Overig	CH ₄	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Industriële activiteiten in de energiesector: lachgas	N₂O	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Nijverheid: methaan	CH ₄	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Nijverheid: lachgas	N₂O	7,1	6,7	1,5	1,6	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6
Salpeterzuurproductie	N ₂ O	6,1	5,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Caprolactamproductie	N ₂ O	0,7	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8
Acrylonitrilproductie	N ₂ O	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4
Nijverheid: F-gassen		8,48	1,99	2,72	1,62	1,56	1,76	1,76	1,56	1,40
Productie van HCFK22	HFK23	5,61	0,25	0,49	0,12	0,10	0,22	0,24	0,24	0,24
Stationaire koeling	HFK's	0,00	0,97	1,45	1,05	1,05	1,05	1,05	0,93	0,79
Overigen ²⁾	HFK/ PFK's	0,00	0,20	0,31	0,21	0,20	0,20	0,20	0,18	0,16
Aluminiumproductie, halfgeleiderindustrie	PFK's	2,66	0,37	0,31	0,10	0,08	0,16	0,17	0,18	0,18
SF ₆ Totaal ³⁾	SF ₆	0,21	0,20	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,04	0,04
Mobiliteit	CH ₄	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	N ₂ O	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	HFK134a (airco)	0,00	0,31	0,42	0,46	0,47	0,47	0,36	0,26	0,15
Gasmotoren Glastuinbouw (WKK): methaan	CH ₄	0,0	0,3	1,2	0,9	0,9	0,9	1,1	1,0	0,9
Biogas uit co-vergisting	CH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gebouwde omgeving	CH ₄	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	N ₂ O	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Elektriciteitsopwekking	CH ₄	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	N ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
TOTAAL Per stof(groep)	CH₄	17,2	8,6	7,7	5,9	5,5	5,2	5,3	4,5	3,9
	N₂O	7,8	7,6	2,4	2,5	2,4	2,2	2,4	2,4	2,4
	F-gassen	8,5	2,3	3,1	2,1	2,0	2,2	2,1	1,8	1,5
TOTAAL excl. Landbouw	Overige BKG	33,4	18,5	13,2	10,5	9,9	9,7	9,8	8,7	7,9
	w/v ETS			0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4

1) De voorlopige emissies voor 2018 zijn in juli 2019 vastgesteld door RIVM/Emissieregistratie. Begin 2020 worden de definitieve emissies voor 2018 vastgesteld.

2) Ompakken, schuimen, (slagroom)spruitbussen en brandblusmiddelen.

3) Vermogensschakelaars, dubbelglas, elektronenmicroscopen.

Tabel 3.2 Fysische groeireksen als index (2017 = 100)

	Realisatie		Ramingen	
	2017	2020	2025	2030
Nijverheid Basischemie organisch ¹⁾	100	102,2	103,2	104,2
Nijverheid Basismetalaalindustrie Primair aluminium ¹⁾	100	276	383	393
Industriële activiteiten in de energiesector Winning Aardgas ²⁾	100	75,8	40,3	28,5
Glastuinbouw WKK inzet aardgas ³⁾	100	110	100	91

¹⁾ Van Hout (2019)

²⁾ Aardgaswinning (PBL, 2019)

³⁾ Aardgas inzet WKK Glastuinbouw (PBL, 2019)

3.2 Afvalverwijdering en stortplaatsen: methaan

In de sector Afvalverwijdering ontstaat methaan bij stortplaatsen door de biologische afbraak van de organische stof. Dit proces kan tientallen jaren duren. Het geproduceerde methaan verlaat de stortplaats via de toplaag, waarbij het nog geheel of gedeeltelijk kan worden geoxideerd. Ook kan het worden gewonnen via in het stortlichaam geplaatste gasonttrekkingsbuizen.

De methaanproductie wordt modelmatig berekend door Rijkswaterstaat (van Huet, 2017).

De jaarlijks variërende factoren in deze berekening zijn:

de jaarlijkse hoeveelheid gestort afval;

het koolstofgehalte;

de hoeveelheid gewonnen stortgas.

In de berekening voor de KEV 2019 is, net als bij de NEV 2017, uitgegaan van:

Een halvering van het te storten materiaal vanaf 2020;

Bijna een halvering van het potentieel afbreekbare koolstof per ton gestort afval vanaf 2020;

Verminderde onttrekking, doordat er minder stortgas gevormd wordt.

Hierdoor daalt de emissie in deze raming van 2,6 megaton CO₂-equivalenten in 2017 tot 2.2 megaton CO₂-equivalenten in 2020 en tot 1,2 megaton CO₂-equivalenten in 2030.

3.3 Nijverheid: lachgas

Omdat er geen nieuwe reductiemaatregelen bekend zijn, zijn bij zowel de productie van Caprolactam als van Acrylonitril de emissies voor de toekomstige jaren tot en met 2030 berekend met de groeireeks 'Basischemie organisch' uit Tabel 3.2. Bij de productie van Acrylonitril is in 2018 een nieuwe N₂O-bron ontdekt, deze kwam nog niet voor in de NEV2017. Voor Salpeterzuur is de groeireeks "Chemische industrie - kunstmest" gebruikt.

3.4 Nijverheid: F-gassen

3.4.1 Productie van HCFK22

HCFK22 wordt nog geproduceerd als tussenproduct voor teflon. De verwachting is dat deze productie voor dit doel zal blijven bestaan. Als bijproduct wordt HFK23 gevormd, dat grotendeels in een naverbrander wordt vernietigd. De uiteindelijke emissie van HFK23 is dus met name afhankelijk van hoeveel procent (op jaarbasis) van de gevormde HFK23 wordt verwerkt in de naverbrander. Daarom is voor de toekomstige jaren tot en met 2030 de hoogste HFK23 uitstoot over de laatste 5 jaar aangehouden. Deze bedraagt 0,24 megaton CO₂-equivalenten.

3.4.2 Ompakken

Het gaat hier om de emissies van HFK's (HFK32, HFK125, HFK134a, HFK143a, HFK152a, Overige HFK's en Overige PFK's), die vrijkomen bij het ompakken (handling) van HFK's van grote (bijvoorbeeld containers) naar kleinere verpakkingseenheden (bijvoorbeeld cilinders). Omdat de jaarlijkse hoeveelheden om te pakken HFK's nogal fluctueren is voor de toekomstige jaren tot en met 2030 de emissie gelijk gehouden aan de gemiddelde emissie over de laatste 4 jaar.

3.4.3 Stationaire koeling

Bij stationaire koeling gaat het de uitstoot van HFK23, HFK32, HFK125, HFK134a en HFK143a. Als gevolg van de EU-verordening (EC,2014) die op 1 januari 2015 in werking is getreden moet het gebruik van HFK's (gerekend in CO₂-equivalenten) tussen 2015 en 2030 met 79% dalen. Met als uitgangspunt het voor 2017 bepaalde gebruikscijfer, zijn de gebruikscijfers voor de jaren tussen 2017 en 2030 bepaald. De daling van het gebruik met 79% geldt EU-breed, maar is hier ook voor Nederland gehanteerd. Deze veronderstelling hoeft niet juist te zijn, maar een andere aanname voor de verdeling over de landen is niet voorhanden.

3.4.4 Overige (Schuimen, Spuitbussen, Brandblusmiddelen)

Als gevolg van de EU-verordening die op 1 januari 2015 in werking is getreden moet het gebruik van HFK's (gerekend in CO₂-equivalenten) tussen 2015 en 2030 met 79% dalen. Met als uitgangspunt de voor 2017 bepaalde gebruikscijfers, zijn de gebruikscijfers voor de jaren tussen 2017 en 2030 bepaald. Vervolgens zijn met behulp van deze gebruikscijfers en de default emissiefactoren de emissies bepaald. Genoemde bronnen mogen vanwege vertrouwelijkheid niet apart gepubliceerd worden.

3.4.5 Productie primair aluminium

Omdat er geen verdere reductiemaatregelen verwacht worden tot 2030, zijn bij de productie van primair Aluminium de emissies voor de toekomstige jaren berekend met de groeireeksen uit Tabel 3.2.

3.4.6 Halfgeleider industrie

De emissie uit 2017 (afkomstig van de enige producent in Nederland) zijn geschaald met de groeireeks 'Cleanroom facilities'. Voor het jaar 2020 geldt een doelstelling van 0,13 megaton CO₂-equivalenten. De gerealiseerde emissies liggen echter al structureel lager dan dit plafond.

3.4.7 SF₆ Totaal (Vermogensschakelaars, Dubbelglas, Elektronenmicroscopen)

De emissie van deze bronnen schommelt de laatste jaren rond de 0,13 megaton CO₂-equivalenten. Vanwege de EU-F-gassen verordening waarin een verbodsbepaling op de toepassing van SF₆ voor geluidsisolerend dubbelglas is opgenomen vindt er sinds 2006 in Nederland geen productie meer plaats van geluidsisolerend dubbelglas met SF₆. Daarom zijn de SF₆ emissies sinds 2007 alleen nog maar afkomstig van emissies die optreden tijdens de gebruiksfase en in de afvalfase. Omdat de voorraad Dubbelglas met SF₆ als geluidsisolerend medium steeds minder wordt, daalt de emissie vanuit deze bron tot 2030 flink. De andere SF₆ bronnen betreffen de productie van vermogensschakelaars en elektronenmicroscopen (wegens 'sealed for life' geen emissie in de afvalfase). De productie (en verwante emissie) hiervan wordt constant verondersteld.

3.5 Verkeer & Vervoer

De methaan- en lachgasemissies vanuit sector verkeer en vervoer zijn aangeleverd door de sector 'Verstedelijking en Mobiliteit' van het PBL (Geilenkirchen, 2019a en 2019b).

Verder nemen wij de uitstoot mee van F gassen uit de Airco's van auto's. Momenteel gaat het bij deze bron alleen om de uitstoot van HFK134a. De Europese richtlijn 2006/40/EC (MAC-richtlijn (EC, 2006)) verbiedt het gebruik van koudemiddelen met een GWP > 150 in nieuwe auto's vanaf 2017. Rekening houdend met dit verbod zijn de emissies voor de toekomstige jaren berekend met behulp van een emissiefactor per bouwjaar en de omvang van het autopark. De gegevens over de ontwikkeling van het autopark zijn aangeleverd door de Sector Verstedelijking en Mobiliteit van het PBL (Geilenkirchen, 2019a en 2019b). De emissiefactoren per bouwjaar zijn bepaald met behulp van de lekpercentages uit een aantal onderzoeken (Minnesota Pollution Control Agency, 2009-2013; YU & CLODIC, 2008; de Baedts, 2001).

3.6 Industriële activiteiten in de energiesector: methaan

De verwachte emissies van overige broeikasgassen die vrijkomen bij de olie- en gaswinning zijn voor de toekomstige jaren berekend met de groeireeks 'Winning Aardgas' uit Tabel 3.2. Omdat de emissies die vrijkomen bij transport en distributie van aardgas al vanaf 1990 redelijk constant zijn, is voor beide bronnen de verwachte emissies tot en met 2030 gebaseerd op de gemiddelde emissies over de periode 2012-2017. De sterk dalende gaswinning tot 2030 heeft hierop nauwelijks invloed, aangezien de leidingen op min of meer constante druk moeten worden gehouden, ook als er over een bepaalde periode minder aardgas doorheen is gegaan. De lekkage ontstaat door de standaard gasdruk. Alleen als de verminderde gaswinning ook zou leiden tot een verandering in de omvang van het transport- en distributienet zouden deze emissies ook anders kunnen worden. Hiervoor zijn echter geen ramingen voorhanden.

3.7 Gasmotoren in WKK-installaties: methaan

De CH₄-emissie vanuit de WKK's in de glastuinbouw is voor de toekomstige jaren berekend met de aardgas- inzet (zie Tabel 3.2) en een emissiefactor van 460 g/GJ Aardgas (van Dijk, 2012). De emissie van WKK's in de Landbouw, met als voeding biogas uit co-vergisting, is berekend met een emissiefactor van 250 g/GJ Biogas (Verdonk en Wetzels, 2012) en de reeks inzet biogas.

Voor de overige sectoren, met name 'Handel, Diensten en Overheid en Industrie', wordt al jaren gewerkt met een emissiefactor van 250 gr CH₄/GJ aardgas [van Dijk, 2004]. Omdat de aardgasinzet de laatste jaren vrij constant is, en de verminderde aardgaswinning verondersteld te worden vervangen door import, zijn de CH₄-emissies voor de toekomstige jaren tot en met 2030 gelijk gehouden aan het gemiddelde over de periode 2012-2017.

3.8 Overige bronnen methaan en lachgas

Naast de al besproken bronnen zijn er nog enkele kleine emissiebronnen van methaan en/of lachgas bij rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), de elektriciteitsproductie, de industrie, diensten en consumenten. De emissies van deze bronnen zijn vanaf 2005 redelijk constant. Daarom is voor de emissies voor de toekomstige jaren tot en met 2030 het gemiddelde over de periode 2012-2015 aangehouden.

Referenties

- De Baedts E.E.A., et al. (2001). Koudemiddelgebruik in Nederland. STEK, Baarn (in Dutch).
- Drissen E., et al. (2016). Demografie en economie in de nationale energie verkenning 2015. PBL-Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- EC (2006). DIRECTIVE 2006/40/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL relating to emissions from air-conditioning systems in motor vehicles and amending Council Directive 70/156/EEC. 17 May 2006
- EC (2014). REGULATION (EU) No 517/2014 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006.
- Geilenkirchen (2019a). Persoonlijke communicatie. PBL, Den Haag.
- Geilenkirchen G. et al., (2019b). Verkeer en vervoer in de Nationale Klimaat- en Energieverkenning 2019. PBL- Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Minnesota Pollution Control Agency (2009-2013). Minnesota air conditioner leak rate database, Model Years 2009-2013. Minnesota Pollution Control Agency, Minnesota.
- RIVM/Emissieregistratie (2019). Definitieve emissiecijfers 1990-2017 en voorlopige cijfers 2018. Juli 2019. RIVM, Bilthoven, www.emissieregistratie.nl
- Schoots K. en P. Hammingh (2019). Klimaat- en Energieverkenning 2019. PBL, Den Haag.
- Schoots K., M. Hekkenberg en P. Hammingh (2017). Nationale Energieverkenning 2017. ECN-O-- 17-018. Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- Van Dijk G.H.J. (2004). Inventarisatie CH₄- en NO_x-emissiereductie voor aardgasmotoren. Rapport: RE2003.R.0612, Gasunie Research, Energy Innovation & Consultancy, N.V. Nederlandse Gasunie, Groningen, 17 februari 2004.
- Van Dijk G.H.J. (2012). Hydrocarbon emissions from gas engine CHP-units; 2011 measurement program. KEMA Nederland B.V, Groningen, June 28, 2012.
- Van Hout M. (2019). Databestand Physical_Units_KEV2017.
- Van Huet B. (2017). Persoonlijk contact, RWS/WVL, Rijswijk.
- Van der Welle A.J., M. Hekkenberg, G. Geilenkirchen, M. van Hout, M. Menkveld, K. Peek, A. J. Plomp, M. van Schijndel, S. van der Sluis, K.E.L. Smekens, J. van Stralen, C. Tigchelaar, W. Wet- zels (2017). Achtergronddocument onzekerheden in de NEV 2017. ECN-E--17-049. Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- G.L. Velthof, C. van Bruggen, E. Arets, C.M. Groenestein, J.F.M. Helming, M.J Schelhaas, J.F.M., Huijsmans, L.A. Lagerwerf, J. Vonk (2019) Referentieraming van emissies naar de lucht uit landbouw en LULUCF tot 2030. Achtergronddocument bij Klimaat en Energie Verkenning 2019, met ramingen van emissies van methaan, lachgas, ammoniak, stikstofdioxide, fijnstof en NMVOC uit de landbouw en LULUCF. Wageningen UR.
- Verdonk M., en W. Wetzels (2012). Referentieraming energie en emissies: actualisatie 2012 Energie en emissies in de jaren 2012, 2020 en 2030. PBL/ECN. ISBN: 978-94-91506-12-3, PBL-publicatienummer: 500278001. Den Haag 2012.
- YU & CLODIC (2008). Generic approach of refrigerant HFC-134a emission modes from MAC systems. Laboratory tests, fleet tests and correlation factor. Centre for energy and processes, Ecole des Mines de Paris, France.