



Planbureau voor de Leefomgeving

OVERIGE BROEIKASGASEMISSIES IN DE NATIONALE ENERGIEVERKENNING 2015

**Achtergronden bij de projecties van de overige
broeikasgasemissies uit alle sectoren exclusief
landbouw**

C.J. Peek (RIVM)*

4 maart 2016

***In opdracht van PBL**

PBL

Colofon

Overige broeikasgasemissies in de Nationale Energieverkenning 2015

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2016

PBL-publicatienummer: 2381

Contact

Kees.Peek@rivm.nl

Auteurs

Kees Peek

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Kees Peek (2016), Overige broeikasgasemissies in de Nationale Energieverkenning 2015, Publicatienummer 2381. Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.

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	IPCC-guidelines 2006	5
2.2	Beleidsvarianten	5
2.3	Onzekerheidsanalyse	5
3	Toelichting per bron	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Afvalverwijdering en stortplaatsen	9
3.3	Industrie: Salpeterzuur- en Caprolactamproductie	9
3.4	F-gassen (Industrie)	10
3.4.1	Productie van HCFK22	10
3.4.2	Ompakken	10
3.4.3	Stationaire koeling	10
3.4.4	Airco Mobiel	10
3.4.5	Overige (Schuimen, Smitbussen, Brandblusmiddelen)	10
3.4.6	Productie primair Aluminium	10
3.4.7	Halfgeleider industrie	11
3.4.8	SF ₆ Totaal (Vermogensschakelaars, Dubbelglas, Electronenmicroscopen)	11
3.5	Verkeer&Vervoer	11
3.6	Energiesector	11
3.7	Gasmotoren in WKK-installaties	11
3.8	Overige bronnen CH ₄ en N ₂ O	11
	Referenties	13

1 Inleiding

Naast de CO₂-emissieramingen zijn er ook emissieramingen van de overige broeikasgassen (OBKG) gemaakt in de Nationale Energieverkenning 2015 (Schoots en Hammingh, 2015). De OBKG betreffen methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en de gefluoreerde broeikasgassen (HFK's, PFK's en SF₆), ook wel F-gassen genoemd. Deze worden in de NEV 2015 onderscheiden naar twee groepen van emissiebronnen, namelijk de landbouwsector (exclusief WKK) en de overige sectoren. In dit document wordt toegelicht hoe de emissieramingen van de OBKG uit de Overige sectoren tot stand zijn gekomen. Voor de emissies van OBKG uit de landbouwsector (exclusief WKK) wordt verwezen naar het achtergronddocument van de sector Water, Landbouw en Voedsel van het Planbureau voor de Leefomgeving-PBL.

Om de Overige broeikasgassen te kunnen vergelijken met CO₂ worden ze omgerekend naar CO₂-equivalenten. Dat is een rekeneenheid om de bijdrage van broeikasgassen aan het broeikaseffect onderling te kunnen vergelijken. Het 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-eq en zwavelhexafluoride (SF₆) een GWP van 22.800 CO₂-eq. 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.

2 Methoden

2.1 IPCC-guidelines 2006

Voor broeikasgassen wordt in de NEV 2015 voor het eerst uitgegaan van definities volgens de richtlijnen van het Intergouvernementele Panel over Klimaatverandering (IPCC) uit 2006. De belangrijkste verschillen met de IPCC richtlijn uit 1996 zijn het gebruik van nieuwe opwarmingspotentiëlen (GWP), de toevoeging van nieuwe emissiebronnen en het gebruik van andere emissiefactoren, met name voor N₂O bij landbouw en rioolwaterzuiveringsinstallaties. Hierdoor zijn de emissies (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) over de gehele reeks 1990-2013 naar boven bijgesteld. Deze veranderingen hebben ook een opwaartse invloed op de geraamde cijfers na 2013. Hierdoor zijn de NEV 2014 (Hekkenberg en Verdonk, 2014) en NEV 2015 cijfers niet goed met elkaar te vergelijken.

2.2 Beleidsvarianten

De NEV 2015 presenteert twee beleidsvarianten, namelijk 'vastgesteld beleid' en wordt veelal aangeduid met 'V' en 'vastgesteld en voorgenomen beleid' aangeduid met 'VV'. Ten opzichte van de NEV 2014 zijn er met betrekking tot de maatregelen in het vastgestelde en voorgenomen beleid ten aanzien van OBKG geen wijzigingen opgetreden.

Binnen de Overige sectoren is er alleen een verschil tussen beide varianten bij de methaanemissies uit warmte-krachtkoppelinginstallaties (WKK). De inzet van WKK's is wat hoger in de beleidsvariant met voorgenomen beleid. Bij de andere bronnen is er geen verschil tussen vastgesteld en vastgesteld en voorgenomen beleid.

2.3 Onzekerheidsanalyse

Voor de Overige Broeikasgassen uit de Overige sectoren zijn voor diverse sectoren bandbreedtes onzekerheden bepaald, waarbij rekening gehouden is met de onzekerheid m.b.t. economische ontwikkelingen en de effecten van beleidsmaatregelen. De economische onzekerheidsanalyse is bepaald met behulp van economische onzekerheidsmarges van het PBL (Drissen et al., 2016) en de effecten van beleidsmaatregelen zijn gebaseerd op expert inschattingen.

De geraamde uitstoot van de Overige Broeikasgassen in 2030 uit de Overige sectoren bij vastgesteld beleid (V) kent een 90%-betrouwbaarheidsinterval van 7,09 tot 7,96 Mt CO₂-eq. Dit komt overeen met een afwijking naar boven en beneden ten opzichte van de geraamde emissies van respectievelijk 0,55 en 0,32 Mt CO₂-eq. Dat de bandbreedte naar boven groter is, is het gevolg van de door experts ingeschatte bandbreedte (-0.0 versus +0.23) bij de emissies als gevolg van het gebruik van HFK's (Koeling, Mobiele airco, Schuimen, aerosolen, etc.). Als gevolg van de nieuwe 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 namelijk met 79% dalen (EC, 2014).

In Tabel 2.1 zijn de totale onzekerheden van de Overige Broeikasgassen uit de Overige sectoren opgenomen.

Tabel 2.1 Totale onzekerheidsanalyse uitstoot Overige Broeikasgassen uit de Overige sectoren in 2030

Beleidsvariant	Afwijking uitstoot Overige Broeikasgassen uit de Overige sectoren ten opzichte van de raming (Mt CO ₂ -eq.)		
	Onder	Raming	Boven
V 2030	-0,32	7,41	0,55
VV 2030	-0,34	7,60	0,57

3 Toelichting per bron

3.1 Inleiding

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.

Tabel 3.1 Emissies Overige Broeikasgassen (Mt CO₂-eq) uit de Overige sectoren, 1990-2030
[Bron 1990-2013 is de ER, 2015]

BRON	STOF (GROEP)	1990	2005	2010	2013	2020 V	2020 VV	2030 V	2030 VV
Afvalverwijdering- Stortplaatsen	CH₄	14,3	5,7	4,1	3,4	2,2	2,2	1,2	1,2
Industrie	N₂O	6,8	6,1	0,9	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4
Salpeterzuurproductie	N₂O	6,1	5,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Caprolactamproductie	N₂O	0,7	0,7	0,7	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1
F-gassen (Industrie)		8,48	2,21	3,00	2,55	2,26	2,26	1,14	1,14
Productie van HCFK22	HFK23	5,61	0,25	0,49	0,24	0,28	0,28	0,28	0,28
Ompakken	HFK's / PFK's	0,00	0,06	0,16	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Stationaire koeling	HFK's	0,00	0,87	1,27	1,36	1,12	1,12	0,30	0,30
Airco Mobiel	HFK134a	0,00	0,31	0,42	0,44	0,33	0,33	0,10	0,10
Overigen (Schuimen, Sproeiapparaten, Brandblusmiddelen)	Overige HFK's	0,00	0,16	0,23	0,21	0,20	0,20	0,13	0,13
Productie primair Aluminium	PFK14 / PFK116	2,64	0,10	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Halfgeleider industrie	Overige PFK's / SF ₆	0,03	0,26	0,23	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
SF ₆ Totaal (Vermogensschakelaars, Dubbelglas, Elektronenmicroscopen)	SF ₆	0,20	0,19	0,14	0,11	0,15	0,15	0,15	0,15

BRON	STOF (GROEP)	1990	2005	2010	2013	2020 V	2020 VV	2030 V	2030 VV
Verkeer & Vervoer	CH₄	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	N₂O	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Energiesector	CH₄	2,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
Waarvan Olie- en Gaswinning	CH₄	1,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
Waarvan Transport Aardgas	CH₄	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Waarvan Distributie Aardgas	CH₄	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Gasmotoren in WKK-installaties	CH₄	0,1	0,4	1,3	1,1	1,0	1,0	0,8	1,0
Waarvan Glastuinbouw	CH₄	0,0	0,3	1,2	1,0	0,8	0,9	0,6	0,8
Waarvan Overige sectoren	CH₄	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Waarvan landbouw (biogas uit co- vergisting als voeding)	CH₄	0,00	0,00	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04
Overige bronnen	CH₄	1,4	1,5	1,5	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
Overige bronnen	N₂O	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
TOTAAL Per stof(groep)	CH₄	17,9	8,6	7,8	6,8	5,4	5,5	4,1	4,3
	N₂O	7,5	7,0	1,8	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2
	F-GASSEN	8,5	2,2	3,0	2,6	2,3	2,3	1,1	1,1
TOTAAL	Overige BKG	33,9	17,8	12,6	11,4	9,7	9,8	7,4	7,6

Het startpunt van de berekeningen is voor alle bronnen de gerealiseerde emissie, uitgedrukt in CO₂-eq, in 2013 (het basisjaar).

De fysieke groeireeksen welke zijn gebruikt bij de berekeningen zijn in Tabel 3.2 opgenomen.

Tabel 3.2 Fysieke groeireeksen als index (2013 = 100)

	Realisatie	Ramingen			
		2013	2020-V	2020-VV	2030-V
Industrie Chemische industrie kunstmest ¹⁾	100	106,3	106,3	116,2	116,2
Industrie Chemische industrie ¹⁾	100	110,6	110,6	116,4	116,4
Industrie Basismetalaalindustrie Primair aluminium ¹⁾	100	49,8	49,8	49,8	49,8
Energie Winning Aardgas ²⁾	100	68,7	68,7	36,9	36,9
Glastuinbouw WKK inzet aardgas ²⁾	100	76,2	83,9	58,0	75,9
Landbouw WKK inzet biogas ²⁾	100	57,6	88,0	59,0	82,6

Bronnen: ¹⁾ Fysieke groeireeksen ECN V3 (Van Hout, 2015)

²⁾ Monit data van Vastgesteld beleid en Vastgesteld en Voorgenomen beleid van ECN (Gerdes, 2015)

3.2 Afvalverwijdering en stortplaatsen

In deze sector 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.

De jaarlijks variërende factoren in deze berekening zijn:

- de jaarlijkse hoeveelheid gestort afval;
- het koolstofgehalte;
- de hoeveelheid gewonnen stortgas.

In 2005 zijn de emissieramingen voor de laatste keer modelmatig berekend door SenterNovem. Toen kwam de emissie in 2020, berekend met een GWP van 21, uit op 2,0 Mt CO₂-eq (van Dril en Elzenga, 2005). Daarna zijn de emissies voor de toekomstige jaren bepaald via een jaarlijkse emissie-afname in procenten. Dit percentage is het gemiddelde van de emissie-afname in de laatste vijf jaar van de emissie-inventarisatie, in dit geval 2009-2013. Via deze methodiek dalen deze emissies, berekend met een GWP van 25, naar verwachting naar 2,2 megaton CO₂-equivalenten in 2020 en 1,2 megaton CO₂-equivalenten in 2030. Deze afname is een gevolg van het autonoom afnemen van emissies van in het verleden gestort afval, het minder storten van afval en het afnemen van de biogene fractie in het gestorte afval.

3.3 Industrie: Salpeterzuur- en Caprolactamproductie

Omdat er geen verdere reductiemaatregelen verwacht worden tot 2030, zijn bij zowel de productie van salpeterzuur als Caprolactam de emissies voor de toekomstige jaren berekend met de groeireeksen uit Tabel 3.2. Voor Salpeterzuur is de groeireeks "Chemische industrie - kunstmest" gebruikt en voor caprolactam de reeks "Chemische industrie".

3.4 F-gassen (Industrie)

3.4.1 Productie van HCFK22

De HFK23-emissie zal bij gelijkblijvende productie op hetzelfde niveau blijven. Bij een productiestijging van HCFK22 als gevolg van sluiting van andere producenten zal de emissie maximaal kunnen oplopen tot 0,28 Mt CO₂-eq per jaar. Deze waarde is ook voor de toekomstige jaren aangehouden.

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).

Als gevolg van de nieuwe 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. Hierdoor zullen ook de emissies van Ompakken (uitgedrukt in CO₂-eq.) niet meer stijgen. Daarom is voor de toekomstige jaren de emissie gelijk gehouden aan de 2013-emissies.

3.4.3 Stationaire koeling

Bij stationaire koeling gaat het de uitstoot van HFK23, HFK32, HFK125, HFK134a en HFK143a.

Als gevolg van de nieuwe 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 2015 bepaalde gebruikscijfer zijn als eerste stap de gebruikscijfers voor de jaren tussen 2015 en 2030 bepaald. Vervolgens zijn met behulp van deze gebruikscijfers en de hoeveelheid te vervangen voorraad de emissies, via een gemiddeld lekpercentage van 5% (de Baedts, 2001) bepaald.

3.4.4 Airco Mobiel

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 (Global Warming Potential) > 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. 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).

3.4.5 Overige (Schuimen, Spuitbussen, Brandblusmiddelen)

Als gevolg van de nieuwe 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 2015 bepaalde gebruikscijfer zijn als eerste stap de gebruikscijfers voor de jaren tussen 2015 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.

3.4.6 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.

3.4.7 Halfgeleider industrie

Voor de toekomstige jaren is de 2020-doelstelling van 130 kiloton CO₂-eq aangehouden. Dit cijfer is afkomstig van de enige producent in Nederland.

3.4.8 SF₆ Totaal (Vermogensschakelaars, Dubbelglas, Electronenmicroscopen)

De emissie van deze bronnen schommelt de laatste jaren rond de 0,15 Mt CO₂-eq. 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, zal de emissie vanuit deze bron de komende jaren afnemen en zal de emissie van al deze bronnen samen zeker niet meer boven de 0,15 Mt CO₂-eq uitkomen. Daarom is deze waarde ook voor de toekomstige jaren aangehouden.

3.5 Verkeer&Vervoer

De CH₄-en N₂O-emissies zijn aangeleverd door de sector 'Verstedelijking en Mobiliteit' van het PBL. Voor de berekening hiervan wordt verwezen naar het achtergronddocument 'Transport in de Nationale Energieverkenning 2015' (Geilenkirchen et al., 2016).

3.6 Energiesector

De emissies 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 van transport en distributie van aardgas vanaf 2005 nagenoeg constant zijn, is voor beide bronnen voor de toekomstige jaren de gemiddelde emissie over de periode 2005-2013 aangehouden.

3.7 Gasmotoren in WKK-installaties

De CH₄-emissie van de WKK's in de glastuinbouw voor de toekomstige jaren is berekend met de aardgasinzet (zie Tabel 3.2) en een emissiefactor van 460 g/GJ Aardgas (van Dijk, 2012).

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, zijn de CH₄-emissies voor de toekomstige jaren gelijk gehouden aan die van 2013.

De emissie van WKK's in de Landbouw, met als voeding biogas uit co-vergisting, is berekend met de biogas-inzet (zie Tabel 3.2) en een emissiefactor van 250 g/GJ Biogas (Verdonk en Wetzels, 2012).

3.8 Overige bronnen CH₄ en N₂O

Naast de al besproken bronnen zijn er nog enkele kleine emissiebronnen van methaan en/of lachgas bij rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), verkeer en vervoer, de energiesector, de industrie en consumenten. De emissies van deze bronnen zijn vanaf 2005 redelijk con-

stant. Daarom is voor de emissies van alle jaren tot 2030 het gemiddelde over de periode 2005-2013 aangehouden.

Referenties

- Baedts, E.E.A. de et al., 2001. Koudemiddelgebruik in Nederland. STEK, Baarn (in Dutch).
- Dijk, G.H.J. van, 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.
- Dijk, G.H.J., 2012. Hydrocarbon emissions from gas engine CHP-units; 2011 measurement program. KEMA Nederland B.V, Groningen, June 28, 2012
- Dril, A.W.N. van, H.E. Elzenga (coördinatoren) (2005): [Referentieramingen energie en emissies 2005-2020](#). ECN-C--05-018, Petten/Bilthoven, maart 2005.
- Drissen 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. 16 April 2014
- Hekkenberg en Verdonk (coördinatoren), 2014. [Nationale Energieverkenning 2014](#). ECN/PBL/CBS/RVO. ECN-O--14-036, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- ER, 2015. [Emissieregistratie](#), definitieve emissiecijfers 1990-2013. Februari 2015. RIVM, Bilthoven, www.emissieregistratie.nl
- Geilenkirchen et al., Publicatie in 2016. Transport in de Nationale Energieverkenning 2015. PBL-Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Gerdes, J., 2015. Persoonlijk contact, ECN, Petten.
- Minnesota Pollution Control Agency, 2009-2013: Minnesota air conditioner leak rate database, Model Years 2009-2013. Minnesota Pollution Control Agency, Minnesota.
- Schoots en Hammingh (coördinatoren), 2015. [Nationale Energieverkenning 2015](#). ECN/PBL/CBS/RVO. ECN-O--15-033, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- Van Hout M., 2015. Persoonlijk contact, ECN, Petten.
- 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.