

LCA Rapportage update milieuverklaringen Energiedragers 1 – Gas Nationale Milieudatabase

Aardgas

Aardgas materialisatie infrastructuur

Biogas

Biogas materialisatie infrastructuur

Waterstof, groen, elektrolyse, windenergie

**Waterstof, groen, elektrolyse, windenergie, materialisatie
infrastructuur**

Gas, Nederlandse mix

Datum rapportage: 29 januari 2026
Versie rapportage: 1.0

Opdrachtgever: Stichting Nationale Milieudatabase

Opdrachtnemer(s): **LBP|SIGHT** 

Auteur(s): David van Nunen
Iida Iloniitty
Jeannette Levels-Vermeer

Peer reviewer(s): Branco Schipper, SGS Search

(Deel)producten / Milieuverklaringen onderdeel LCA-rapportage
<i>Aardgas, verbrand, bij consument, per kWh</i>
<i>Aardgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per m³</i>
<i>Biogas, verbrand, bij consument, per kWh</i>
<i>Biogas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per m³</i>
<i>Waterstof, groen, elektrolyse, windenergie, verbrand, bij consument, per kWh</i>
<i>Waterstof, groen, elektrolyse, windenergie, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per kg</i>
<i>Gas, Nederlandse mix (97,8% aardgas, 2,2% biogas, 0% waterstofgas), verbrand, bij consument, per kWh</i>

Wijzigingenregister

Versie rapport	Datum	Opsteller	Peer Reviewer	Gewijzigde milieuverklaringen	Toelichting
1.0	24-12-2025	LBP SIGHT, David van Nunen, lida Iloniitty, Jeannette Levels-Vermeer	Branco Schipper, SGS Search	Aardgas, verbrand, bij consument, per kWh Aardgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per m ³ Biogas, verbrand, bij consument, per kWh Biogas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per m ³ Waterstof, groen, verbrand, bij consument, per kWh Waterstof, groen, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per kg Gas, Nederlandse mix (97,8% aardgas, 2,2% biogas, 0% waterstofgas), verbrand, bij consument, per kWh	Volledige rapportage geactualiseerd naar 2025

Toelichting: Wanneer er verschillende versies zijn gehanteerd voor de (deel)producten / milieuverklaringen in het rapport (bijvoorbeeld als er (deel)producten / milieuverklaringen op een later moment zijn toegevoegd), moet dit hier duidelijk zijn aangegeven welke (deel)producten / milieuverklaringen zijn opgesteld met de desbetreffende versie van het rapport.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	4
Samenvatting	5
Over het onderzoek	5
Hoe ziet de LCA van een energiedrager eruit?	5
Milieuverklaringen energie, toepassingen binnen LCA van producten en gebouwen	6
1. Inleiding	7
Doelstelling en doelgroep	8
Verantwoording	8
Leeswijzer	9
2. Methode	10
Scope	10
Systeemgrenzen	10
Referentieperiode	12
Productbeschrijving	12
3. Levenscyclusinventarisatie (LCI)	15
Dataverzameling	15
Generieke uitgangspunten	15
Specificatie materialen en processen	15
Aardgas, verbrand, bij consument	15
Aardgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur	23
Biogas, verbrand, bij consument	24
Biogas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur	28
Waterstofgas, verbrand, bij consument	28
Waterstofgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur	30
Gas, Nederlandse mix	30
Gevoeligheidsanalyse	32
Opwerken van biogas, proceskeuze	32
Transport van waterstof	32
4. Referenties	34
5. Bijlagen	35
Bijlage I: LCI-tabellen basisprocessen en milieuverklaringen Gas	35
Bijlage II: Resultaten, update data en processen Gas	35

Samenvatting

Over het onderzoek

Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD) actualiseert de bestaande milieuverklaringen van energiedragers in de Nationale Milieudatabase (NMD). In deze LCA-rapportage vertellen we hoe de geactualiseerde milieuverklaringen voor de volgende energiedragers tot stand kwamen:

- Aardgas
- Aardgas materialisatie infrastructuur
- Biogas
- Biogas materialisatie infrastructuur
- Waterstof, groen
- Waterstof, groen, materialisatie infrastructuur
- Gas, Nederlandse mix

Hoe ziet de LCA van een energiedrager eruit?

In vergelijking met een volledige LCA van een bouwproduct, richt de LCA van een energiedrager zich alleen op de productie-, transport- en gebruiksfasen:

- Productiefase: hierbij kijken we naar de winning van grondstoffen en de omzetting naar de uiteindelijke energiedrager, met toevoeging van eventuele hulpstoffen en mogelijk tijdelijke opslag.
- Transportfase: hierbij kijken we naar het energieverbruik voor transport en transportverliezen.
- Gebruiksfase: hierbij kijken we naar de emissie bij verbranding. Dit is alleen van toepassing bij energiedragers die bij de consument worden verbrand, zoals aardgas.

Voor het berekenen van de LCA's gebruiken we de volgende functionele eenheden:

Tabel 0.1 Functionele eenheden energiedragers

Energiedrager	Functionele eenheid
Aardgas, verbrand, bij consument	per kWh
Aardgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur	per m ³
Biogas, verbrand, bij consument	per kWh
Biogas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur	per m ³
Waterstof, groen, verbrand, bij consument	per kWh
Waterstof, groen, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur	per kg
Gas, Nederlandse mix, verbrand, bij consument	per kWh

Milieuverklaringen energie, toepassingen binnen LCA van producten en gebouwen

Naast de rol van een LCA binnen een energiedrager zelf, is het ook de vraag hoe milieuverklaringen van energiedragers worden toegepast binnen een LCA van een bouwproduct of op gebouwniveau.

Toepassing bij LCA van bouwproducten

Milieuverklaringen van energiedragers kunnen in iedere levenscyclusfase worden toegepast. In praktijk is energiegebruik bij de productie (A1-A3), eventueel transport (A4), installatie (A5), onderhoud (B2), reparatie (B3), vervangingen (B4) en de eindelevensfase (C1-C4).

Toepassing bij energiegebruik in gebruiksfase LCA op gebouw- of werkniveau

Bij LCA's op gebouw- of werkniveau kan het energiegebruik tijdens de gebruiksfase (module B6) worden meegenomen. Dit geldt zowel voor gebouwen als voor grond-, weg- en waterbouwwerken (GWW).

In de huidige MPG-systematiek wordt materialisatie van de infrastructuur voor toegeleverde energie gedeclareerd in de productie- en bouwphase.

Bij de MEPG en WLC-GWP wordt het energiegebruik tijdens de gebruiksfase (B6) meegenomen. Bij opname van operationeel energiegebruik in B6 hoeft de Milieuverklaring voor materialisatie van de infrastructuur niet los te worden opgenomen; deze materialisatie is namelijk al verwerkt in de milieuverklaringen van de energiedragers voor het operationeel energiegebruik.

1. Inleiding

Stichting NMD wil de categorie 3-data in de Nationale Milieudatabase regelmatig actualiseren en verbeteren. Iedereen kan hierop inspraak leveren. In de paragraaf “*Verantwoording*” wordt toegelicht hoe verbeterpunten voor de categorie 3-data bij Stichting NMD kunnen worden aangedragen.

Categorie 3 data wordt automatisch geactualiseerd wanneer Stichting NMD de NMD-basisprocessendatabase actualiseert, bijvoorbeeld naar aanleiding van een update van de Ecoinvent-database of veranderingen in de verwerkingsscenario's voor einde levensduur. Hierdoor kunnen de waarden die in deze rapportage zijn opgenomen na verloop van tijd verouderen. In dit rapport staat beschreven welke versies van de NMD-Basisprocessendatabase en van de Bepalingsmethode zijn gebruikt voor het opstellen van de data en deze rapportage. De meest actuele categorie 3-data kan altijd ingezien worden in de gevalideerde rekeninstrumenten, zoals GPR Materiaal.

Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van een aantal energiedragers. Het doel van de studie is het aanvullen en verbeteren van de bestaande milieuverklaringen van energiedragers in de Nationale Milieudatabase (NMD).

Onderhavige rapportage heeft tot doel om de gemaakte keuzes in materialen en milieudata te documenteren als verantwoording. De rapportage wordt, samen met de ingevoerde milieuverklaringen, aan de NMD aangeboden en vervolgens via de rekeninstrumenten en de website beschikbaar gemaakt voor de sector.

De studie is opgesteld voor de volgende doelgroepen:

- Stichting NMD als beheerder van de NMD.
- Opdrachtgevers in de GWW- en B&U-sectoren als basis voor referentieontwerpen, verkennende (ontwerp)studies en voor gebruik in aanbestedingen.
- Organisaties die via bijvoorbeeld certificeringen duurzaamheid in de gebouwde omgeving willen stimuleren en daarbij gebruikmaken van NMD-data en/of rekeninstrumenten.
- Marktpartijen zoals ingenieurs- en adviesbureaus en aannemers actief in de GWW- en B&U-sectoren als informatiebron voor het gebruik van de NMD-data via rekeninstrumenten.
- Opstellers van LCA's om inzicht te krijgen in de uitgangspunten van milieuverklaringen.
- Opstellers van Whole Life Cycle Global Warming Potential studies (WLC-GWP)

Verantwoording

De LCA is uitgevoerd volgens de eisen en richtlijnen uit de *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.2 (januari 2025)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op ISO 14040 - ISO14044 en NEN-EN 15804+A2:2019.

De LCA is uitgevoerd door LBP|SIGHT in samenwerking met stichting Nationale Milieudatabase. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van mei tot augustus, waarna aansluitend de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld, is gereviewd door Branco Schipper, SGS Search.

De milieuverklaringen, zoals deze op basis van deze studie zijn ingevoerd, zijn in beheer bij Stichting NMD. De studie is met de nodige zorgvuldigheid uitgevoerd. Als echter een derde van mening is dat de ingevoerde milieuverklaringen en/of de onderhavige rapportage fouten bevatten, dan kan een verzoek tot rectificatie worden ingediend bij Stichting NMD. Deze zal een dergelijk verzoek volgens haar procedures afwikkelen. Hiervoor kan een e-mail worden gestuurd naar info@milieudatabase.nl.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** wordt de methode voor de LCA beschreven. Hierin zijn onder andere de scope en de productbeschrijvingen vastgelegd.

In hoofdstuk 3 staat de levenscyclusinventarisatie. De dataverzameling en de specificatie van materialen en processen komen hierin aan bod.

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten en de zwaartepuntanalyse beschreven.

2. Methode

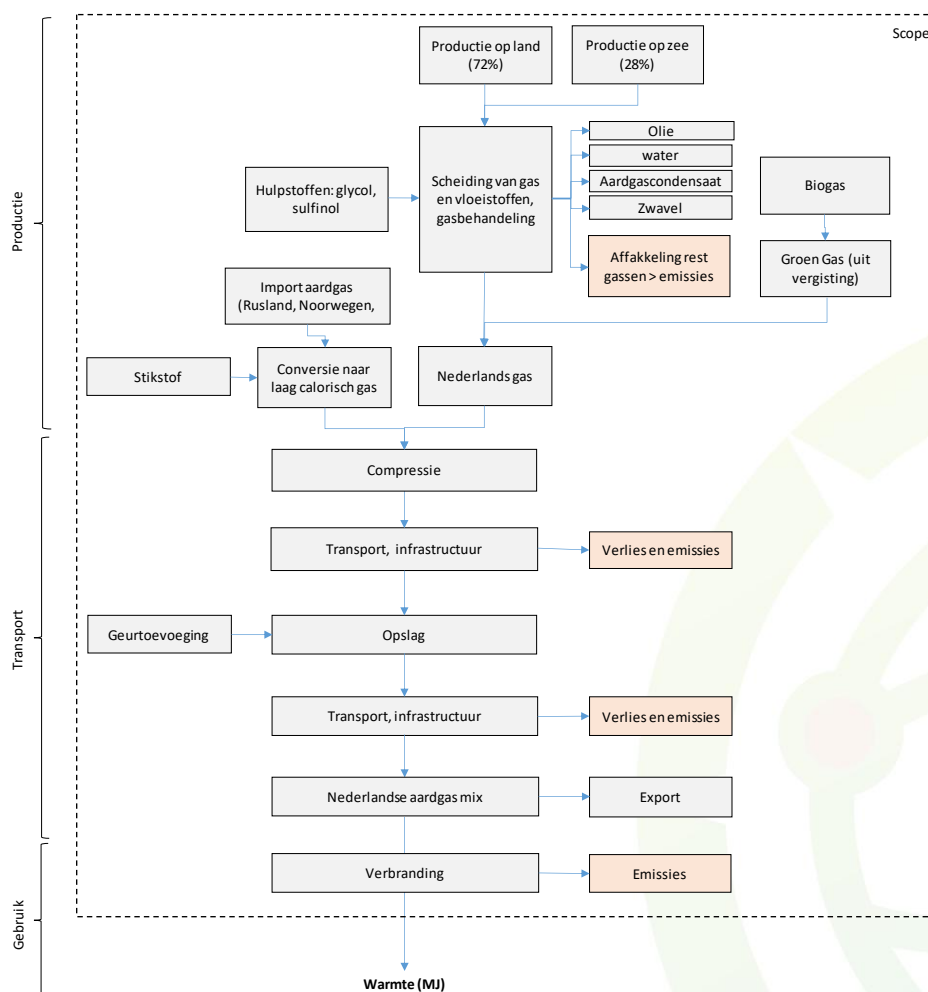
Scope

Systeemgrenzen

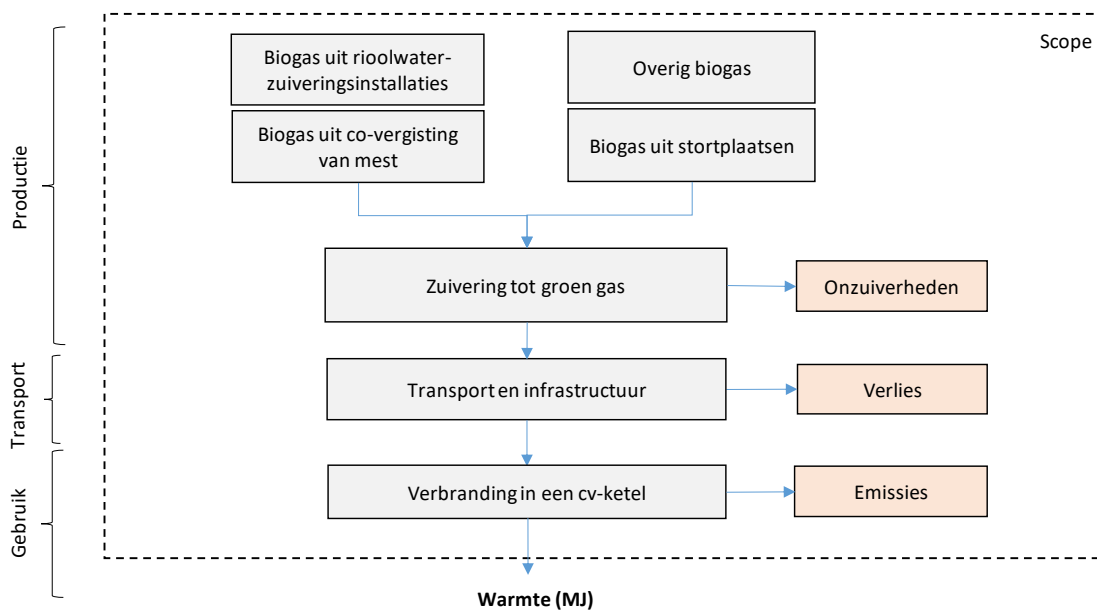
In onderstaande figuur is de opzet van de scope voor aardgas weergegeven. Ten opzichte van de systeemgrenzen van een volledige LCA van een bouwproduct is deze beperkt tot alleen de productie-, transport- en gebruiksfasen.

In de *productiefase* wordt de winning van grondstoffen en de omzetting naar de finale energiedrager meegenomen, met toevoeging van eventuele hulpstoffen en mogelijk ook tijdelijke opslag. Vervolgens wordt de energiedrager naar de consument *getransporteerd*, waarbij energieverbruik voor transport en transportverliezen worden beschouwd. De *gebruiksfase* is van toepassing bij aardgas, omdat dit bij de consument wordt verbrand. De emissies die hierbij vrijkomen, worden opgenomen in het milieuprofiel.

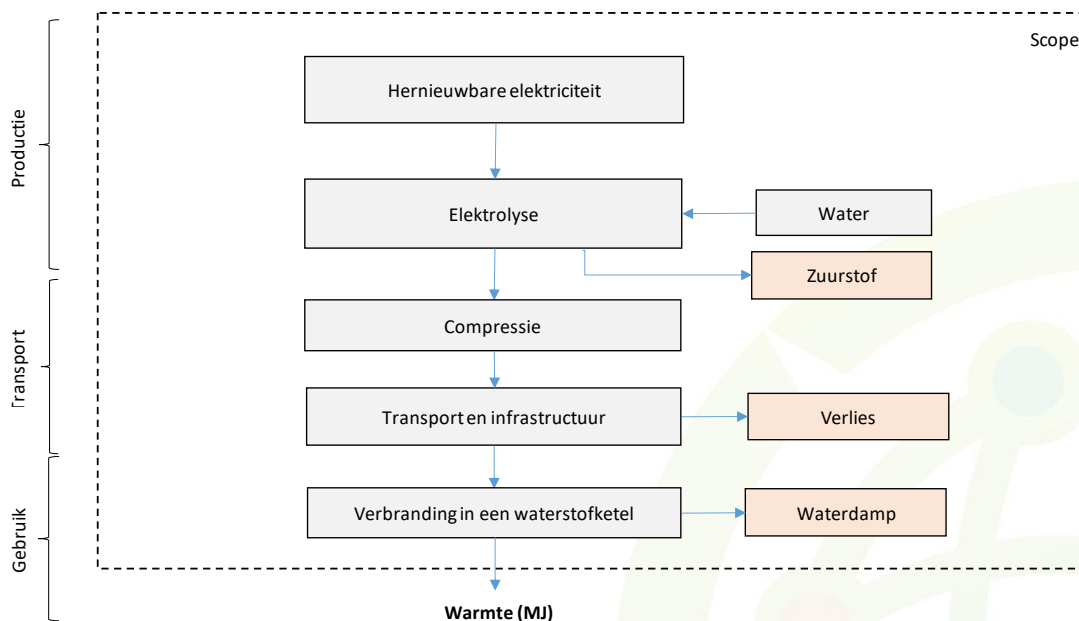
De materialisatie van de infrastructuur is opgenomen in de achtergrondprocessen van Ecoinvent, hierop wordt geen afzonderlijke correctie toegepast.



Figuur 2.1 Systeemgrenzen aardgas



Figuur 2.2 Systeemgrenzen biogas



Figuur 2.3 Systeemgrenzen waterstof

Tabel 2.1 Systeemgrenzen LCA-modules Gas

		Productiefase			Bouwfase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productie systeem
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
		Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finaleafvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
LCA energiedragers	Module van toepassing	x	x	x	x	nvt	x	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	x

Binnen de scope van operationeel energiegebruik op bouwwerkniveau komt de volledige scope van energiegebruik (omzetting, transport en module D) terug binnen module B6 van het bouwwerk.

Referentieperiode

Deze LCA-studie gebruikt voor de samenstelling van de energiemixen van energiedragers zo recent mogelijke data, in principe uit referentiejaar 2024.

Productbeschrijving

Tabel 2.2 Productomschrijvingen energiedragers Gas

Productnaam	Aardgas, verbrand, bij consument, per kWh
Classificatie	20000. Gas (Energie)
Omschrijving	Milieuprofiel energiedrager Aardgas, verbrand, bij consument, per kWh. Categorie 3a, zonder opslag. Dit milieuprofiel omvat winning, omzetting, transport (inclusief verliezen), verbrandingsemissies bij gebruik en baten buiten de systeemgrens (EN15804 modules A1-A3, A4, B1 en D). Materialisatie voor verbranding (bijvoorbeeld cv-ketel) is geen onderdeel van dit milieuprofiel. De calorische waarde van Nederlands aardgas is 31,65 MJ/Nm ³ dus voor 1 kWh wordt 1/31,65 * 3,6 = 0,1137 m ³ aardgas gebruikt.
Eenheid	kWh
Levensduur	1 jaar
Categorie	3a
Toepassingsgebied(en)	B&U

Productnaam	Aardgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per m³
Classificatie	20010. Gas externe levering (Energie)
Omschrijving	Milieuprofiel materialisatie infrastructuur energiedrager Aardgas, verbrand, bij consument, per m³. Categorie 3a, zonder opslag. Dit milieuprofiel is bedoeld voor invulling van de post 'externe levering' binnen de MPG-methodiek en omvat materialisatie van infrastructuur bij omzetting en transport (EN15804 modules A1-A3, A4, B1 en D). Materialisatie voor verbranding (bijvoorbeeld cv-ketel) is geen onderdeel van dit milieuprofiel.
Eenheid	m³
Levensduur	1 jaar
Categorie	3a
Toepassingsgebied(en)	B&U
Productnaam	Biogas, verbrand, bij consument, per kWh
Classificatie	20000. Gas (Energie)
Omschrijving	Milieuprofiel energiedrager Biogas, verbrand, bij consument, per kWh. Categorie 3a, zonder opslag. Dit milieuprofiel omvat winning, omzetting, transport (inclusief verliezen), verbrandingsemissies bij gebruik en baten buiten de systeemgrens (EN15804 modules A1-A3, A4, B1 en D). Infrastructuur voor verbranding (bijvoorbeeld cv-ketel) is geen onderdeel van dit milieuprofiel. De calorische waarde van Nederlands aardgas is 31,65 MJ/Nm³ dus voor 1 kWh wordt $1/31,65 \times 3,6 = 0,1137$ m³ aardgas gebruikt.
Eenheid	kWh
Levensduur	1 jaar
Categorie	3a
Toepassingsgebied(en)	B&U
Productnaam	Biogas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per m³
Classificatie	20010. Gas externe levering (Energie)
Omschrijving	Milieuprofiel materialisatie infrastructuur energiedrager Biogas, verbrand, bij consument, per m³. Categorie 3a, zonder opslag. Dit milieuprofiel omvat materialisatie van de infrastructuur voor productie en transport (EN15804 modules A1-A3, A4, B1 en D). Materialisatie voor verbranding (bijvoorbeeld cv-ketel) is geen onderdeel van dit milieuprofiel.
Eenheid	m³
Levensduur	1 jaar
Categorie	3a
Toepassingsgebied(en)	B&U
Productnaam	Waterstof, verbrand, bij consument, per kWh
Classificatie	20000. Gas (Energie)
Omschrijving	Milieuprofiel energiedrager Waterstof, groen, verbrand, bij consument, per kWh. Categorie 3a, zonder opslag. Dit milieuprofiel omvat productie, transport (via het gasleidingnetwerk, inclusief verliezen) en verbranding bij gebruik (EN15804 modules A1-A3, A4 en B1). Infrastructuur voor verbranding (bijvoorbeeld cv-ketel) is geen onderdeel van dit milieuprofiel. De netto verbrandingswaarde van waterstof is 33,3 kWh/kg H ₂ , dus voor elk kWh is $1/33,3 = 0,03$ kg waterstof nodig.
Eenheid	kWh
Levensduur	1 jaar
Categorie	3a
Toepassingsgebied(en)	B&U
Productnaam	Waterstof, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per kg
Classificatie	20010. Gas externe levering (Energie)
Omschrijving	Milieuprofiel materialisatie infrastructuur energiedrager Waterstof, groen, verbrand, bij consument, per m³. Categorie 3a, zonder opslag. Dit milieuprofiel omvat materialisatie van infrastructuur bij productie en transport via het gasleidingnetwerk (EN15804 modules A1-A3 en A4). Materialisatie voor verbranding (bijvoorbeeld cv-ketel) is geen onderdeel van dit milieuprofiel.
Eenheid	kg
Levensduur	1 jaar
Categorie	3a
Toepassingsgebied(en)	B&U

Productnaam	Gas, Nederlandse mix 2025-2075 (97,8% aardgas, 2,2% biogas, 0% waterstofgas), verbrand, bij consument, per kWh, WLC
Classificatie	20020. Gas (Energie) WLC
Omschrijving	Milieuprofiel energiedrager Gas, Nederlandse mix, verbrand, bij consument, per kWh. Categorie 3a, zonder opslag. Dit milieuprofiel omvat winning, productie, transport (inclusief verliezen), verbrandingsemissies bij gebruik en baten buiten de systeemgrens (EN15804 modules A1-A3, A4, B1 en D). Materialisatie voor verbranding (bijvoorbeeld cv-ketel) is geen onderdeel van dit milieuprofiel.
Eenheid	kWh
Levensduur	1 jaar
Categorie	3a
Toepassingsgebied(en)	B&U

Van toepassing op alle voornoemde: NMD-milieuverklaringen voor energiedragers vallen onder categorie 3a, zonder opslag. Invoer van de milieuverklaringen gaat op basis van NMD-basisprocessen, deze worden periodiek geüpdatet of bij grote wijzigingen in de energiemix. Let op: voer bij een bouwwerkberekening de jaarlijkse hoeveelheid energielevering in. De levensduur van milieuverklaringen van energiedragers is 1 jaar, het rekeninstrument vermenigvuldigt dit met de gebouwlevensduur, of de beschouwingsperiode. De impact na jaar 1 van operationeel energiegebruik wordt ook gedeclareerd in module B6 van de gebouwberekening.

3. Levenscyclusinventarisatie (LCI)

Dataverzameling

Voor het bepalen van de processtappen, het materiaal- en brandstofgebruik en de bijbehorende processen rondom energiedragers is gebruikgemaakt van bureaustudie en de al beschikbare milieuverklaringen.

Voor het berekenen van de milieukosten zijn geactualiseerde datapunten achter de verschillende processen die binnen de systeemgrenzen van deze LCA-studie vallen, gebruikt. Hierbij is in de uitwerking aandacht besteed aan de *precisie, compleetheid, representativiteit, consistentie* en *reproduceerbaarheid* van de gegevens.

Generieke uitgangspunten

Uitgangspunten materialisatie infrastructuur kapitaalgoederen (materialisatie externe levering)

Toegepaste Ecoinvent achtergrondprocessen bevatten de materialisatie van de energieopwekkingsmiddelen. Voor specifieke milieuverklaring voor de materialisatie van de infrastructuur voor energie zijn de kapitaalgoederen geïdentificeerd op basis van het netwerk met een 0,5% afkap op MKI.

Eindelevensscenario: Conform de Bepalingsmethode moet het eindelevensscenario meegenomen worden van kapitaalgoederen (materialisatie externe levering). De kapitaalgoederen in de Ecoinvent achtergrondprocessen bevatten afvalverwerkingsprocessen, meestal voor stort of afvalverbranding. In Ecoinvent-processen worden geen baten toegekend aan doorgegeven materialen. Voor de materialen die het meest bijdragen aan de MKI van de materialisatie (3% afkap op basis van netwerk), wordt het eindelevensscenario gehanteerd volgens de NMD forfaitaire scenario's. Voor deze materialen worden de transport-afstanden meegenomen voor afvalverwerking conform Bepalingsmethode. Voor het aandeel recycling wordt het meest representatieve 'ReC-proces' toegepast. Voor stort en AVI zijn geen extra verwerkingsprocessen toegevoegd, omdat deze al zijn opgenomen in de Ecoinvent-processen van de kapitaalgoederen. De sloop/ demontage van de kapitaalgoederen wordt buiten beschouwing gelaten. De milieuverklaringen van energie bevatten module D baten voor het aandeel recycling van de kapitaalgoederen op basis van het netto doorgegeven materiaalequivalent.

Specificatie materialen en processen

Aardgas, verbrand, bij consument

Materialisatie voor verbranding (bijvoorbeeld cv-ketel) is geen onderdeel van dit milieuprofiel. De calorische waarde van Nederlands aardgas is 31,65 MJ/Nm³ dus voor 1 kWh wordt 1/31,65

*3,6=0,1137 m³ aardgas gebruikt.

Productiefase (A1-A3)

Op basis van statistische gegevens van CBS¹ over het jaar 2024 zijn vier bronnen voor aardgas bepaald en het aandeel binnen de gemiddelde productiemix. Deze productiemix is weergegeven in tabel 3.1.

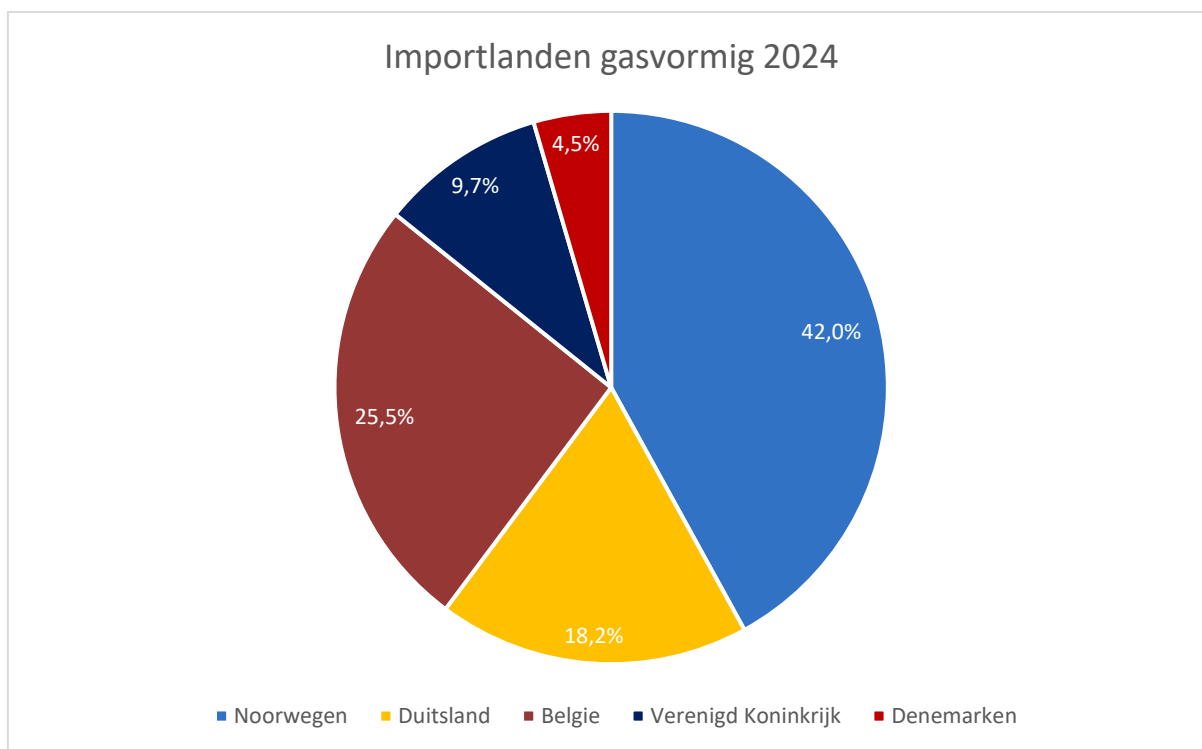
Verreweg de grootste huidige productiebron van aardgas in de Nederlandse mix is import uit andere landen, hetzij als gas of als LNG (83,3% in totaal). De winning uit eigen bodem is aanzienlijk gedaald

¹ Aardgasbalans; aanbod en verbruik, te vinden via: [StatLine - Aardgasbalans: aanbod en verbruik](#)

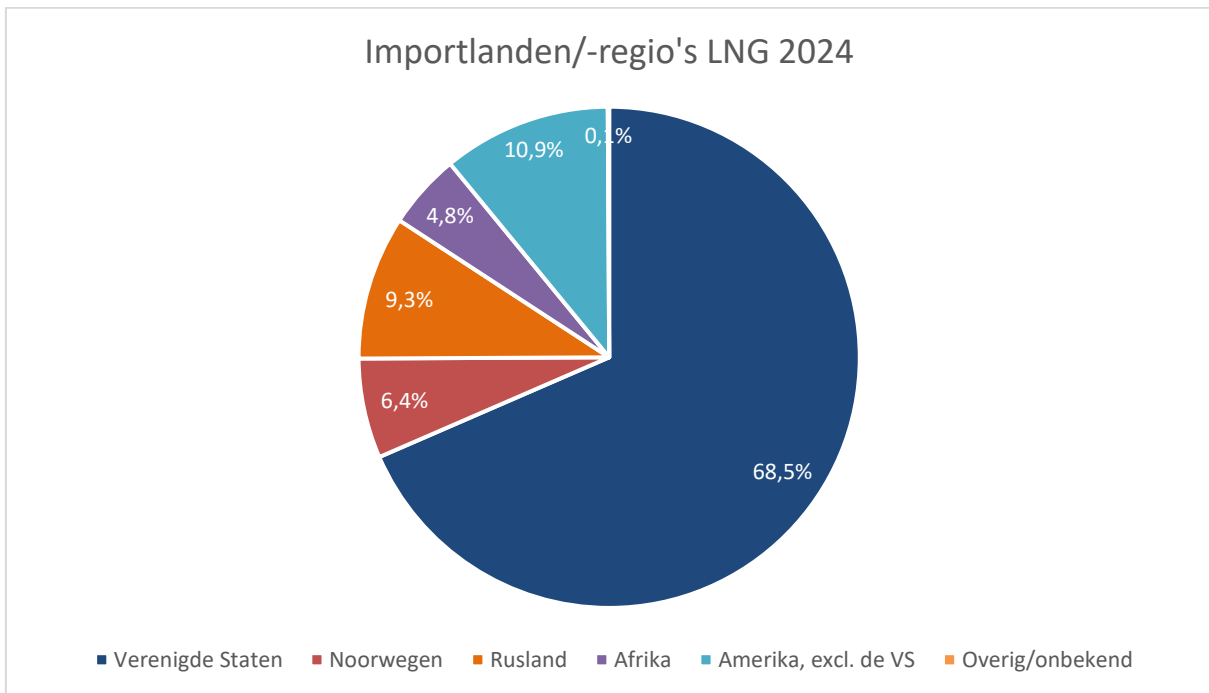
sinds 2013, toen het zelfs een grotere bron was dan beide importcategorieën samen. De vermindering van eigen productie werd deels gecompenseerd door meer invoer van gasvormig aardgas (LNG), vooral via Noorwegen, Duitsland en België (zie figuur 3.1), en sinds kort met LNG via de Verenigde Staten (zie figuur 3.2).

Tabel 3.1 Aandeel bronnen aardgas in productiemix 2024

Productiebron aardgas	Aandeel %
Import aardgas gasvormig	46,3%
Import Liquefied Natural Gas (LNG)	37,0%
Winning uit de bodem	16,1%
Productie uit andere bronnen	0,6%



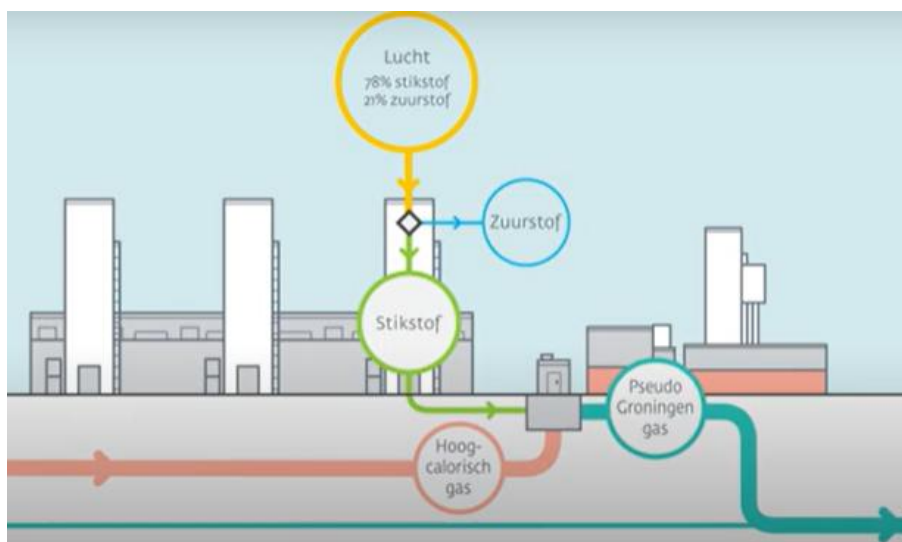
Figuur 3.1 Aandeel importlanden aardgas gasvormig 2024



Figuur 3.2 Aandeel importlanden LNG 2024

Voor elke productiebron is een representatief achtergrondmodel gekozen uit Ecoinvent. In het geval van ontbrekende/verouderde data per land of onderdeel, is een marktgemiddelde of een vergelijkbaar proces gekozen. Zie verhoudingen per proces hieronder.

Analyse van de beschikbare achtergrondmodellen geeft aan dat er geen impact is meegenomen voor de benodigde omzettingen van het aardgas naar laagcalorisch Nederlands gas (stikstoftoevoeging), evenals impact van bijvoorbeeld geurtoevoegingen. Stikstof wordt aan aardgas toegevoegd om de calorische waarde te verlagen en het geschikt te maken voor gebruik (zoals bij het Groningen gas), door pure stikstof uit de lucht te halen en dit vervolgens met het aardgas te vermengen. Ecoinvent gaat uit van aardgas met een energieinhoud van 36 MJ/m³. Nederlands laagcalorisch gas heeft een energieinhoud van 31,65 MJ/m³. Op basis van deze verhouding gaan we uit van toevoeging van 12 % stikstof op volume ($1 - 31,65 / 36$). Voor dichtheid in gasvorm gaan we uit van een dichtheid van 1,25 kg / m³. Het toegevoegde stikstof wordt bij de installatie uit de lucht gewonnen, dit modelleren we als 'Nitrogen, liquid {RER}| air separation, cryogenic | Cut-off, U'. Per m³ aardgas gaan we uit van 0,15 kg stikstof ($12\% \cdot 1,25$).



Figuur 3.3

[Groningengas van buitenlands gas maken: hoe doen we dat? › Gasunie](#)

Tabel 3.2

Aandelen inputprocessen aardgas per m³

Naam proces	Ecoinvent-proces	Aandeel	eenheid
Invoer van gasvormig aardgas			
Noorwegen	Natural gas, high pressure {NL} natural gas, high pressure, import from NO Cut-off, U	0,194477075*0,88	m ³
Duitsland, België, Verenigd Koninkrijk en Denemarken	Natural gas, high pressure {Europe without Switzerland} market group for natural gas, high pressure Cut-off, U	0,268589463*0,88	m ³
Invoer van vloeibaar aardgas (LNG)			
Verenigde Staten	Natural gas, liquefied {Europe without Switzerland} Natural gas, liquefied, import from US Cut-off, U	0,253335671*0,88	m ³
Noorwegen	Natural gas, liquefied {Europe without Switzerland} Natural gas, liquefied, import from NO Cut-off, U	0,023809941*0,88	m ³
Rusland	Natural gas, liquefied {Europe without Switzerland} Natural gas, liquefied, import from RU Cut-off, U	0,034347331*0,88	m ³
Afrika, Azië, Amerika (excl. de VS) en Overig/onbekend	Natural gas, liquefied {GLO} market for natural gas, liquefied Cut-off, U	0,058420268*0,88	m ³
Winning uit de bodem en Productie uit andere bronnen	Natural gas, high pressure {NL} natural gas, high pressure, domestic supply with seasonal storage Cut-off, U	0,167020251*0,88	m ³
Toevoeging stikstof	Nitrogen, liquid {RER} air separation, cryogenic Cut-off, U	0,12 * 1,25	kg

Transportfase (A4)

Binnen deze module is uitsluitend het transport binnen Nederland opgenomen, transport van invoer uit het buitenland naar Nederland zit in module A1-A3. Bij het transport van aardgas treden verliezen op, vinden emissies plaats en is energie nodig. Deze zijn overgenomen uit de beschikbare achtergrond-modellen in Ecoinvent ('*Natural gas, high pressure {NL}| market for natural gas, high pressure | Cut-off, U*' en '*Natural gas, low pressure {NL}| market for natural gas, low pressure | Cut-off, U*'. De verliezen bij hoge druk bedragen 0,1%, bij lage druk 0,25% volgens deze processen.

Als conservatief uitgangspunt wordt gehanteerd dat al het aardgas zowel via het hogedruk- als het lagedrukdistributienet moet worden getransporteerd. Wanneer deze milieuverklaringen echter ook voor aardgas op middel- en hogedrukniveau worden gebruikt, worden de milieueffecten licht overschat.

Tabel 3.3

Inventarisatie transportfase (A4) aardgas, per m³ (overgenomen van het proces '*Natural gas, high pressure {NL}| market for natural gas, high pressure | Cut-off, U*' en '*Natural gas, low pressure {NL}| market for natural gas, low pressure | Cut-off, U*')

Input	Ecoinvent-proces	Hoeveelheid per m ³ gas
Pijpleiding gasnetwerk Nederland, hoge druk	Pipeline, natural gas, high pressure distribution network {Europe without Switzerland} pipeline construction, natural gas, high pressure distribution network Cut-off, U	3,84E-8 km
Gasverbruik, compressorstation, hoge druk	Natural gas, burned in gas turbine {NL} natural gas, burned in gas turbine Cut-off, U	0,176 MJ
Pijpleiding gasnetwerk Nederland, lage druk	Pipeline, natural gas, low pressure distribution network {GLO} market for pipeline, natural gas, low pressure distribution network Cut-off, U	1,43E-7 km
Gasverbruik compressorstation, lage druk	Natural gas, burned in gas turbine {NL} natural gas, burned in gas turbine Cut-off, U	0,044 MJ
Verliezen in distributie	0000-pro&Aardgas, verbrand, bij consument, per m ³ (A1-A3) (o.b.v. zie toelichting in proces), (12-2030)	0,001+0,0025=0.0035 m ³
Lekken	Butane, emissie naar de lucht, low. Pop.	6,64236E-6 + 1,610712E-5 kg
Lekken	Carbon dioxide, fossiel, emissie naar de lucht, low. Pop.	2,397816E-5 + 5,81436E-5 kg
Lekken	Ethane, emissie naar de lucht, low. Pop.	5,74128E-5 + 0,0001392192 kg
Lekken	Methane, fossiel, emissie naar de lucht, low. Pop.	0,00069318 + 0,00168084 kg
Lekken	NMVOC, non-methane volatile organic compounds, emissie naar de lucht, low. Pop.	4,78296E-7 + 1,159776E-6 kg
Lekken	Propane, fossiel, emissie naar de lucht, low. Pop.	1,291752E-5 + 3,132252E-5 kg

Gebruiksfase (B1)

Voor de emissies in de gebruiksfase is een nieuw achtergrondmodel van verbranding van aardgas gemaakt op basis van bestaande Ecoinvent-processen. Hiervoor zijn alle representatieve modellen vergeleken en is een model voor uitstoot vastgesteld.

Onderstaand geven we een overzicht van verschillende aardgas verbrandingsprocessen. Ter referentie beschouwen we het proces met de hoogste en de laagste MKI per MJ. Het proces met de hoogste MKI (*Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}| heat production, natural gas, at boiler fan burner low-NOx non-modulating <100kW | Cut-off, U*) wordt toegepast als basismodel voor verbrandingsemissies en kapitaalgoederen van aardgasgebruik, dit is een conservatieve benadering.

Tabel 3.4 Vergelijking van MKI Ecoinvent-achtergrondprocessen voor aardgasverbrandingsinstallaties

Achtergrondmodel	MKI per MJ (set 1, Ecoinvent 3.6)	MKI per MJ (set 2 Ecoinvent 3.9.1)
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at industrial furnace low-NOx >100kW Cut-off, U	0,0046	0,0104
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW Cut-off, U	0,0042	0,00968
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW Cut-off, U	0,0042	0,00956
Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW Cut-off, U	0,0039	0,00899
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating <100kW Cut-off, U	0,0054	0,00994
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler fan burner non-modulating <100kW Cut-off, U	0,0055	0,0101
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler fan burner low-NOx non-modulating <100kW Cut-off, U	0,0060	0,011
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW Cut-off, U	0,0051	0,00935
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler atmospheric non-modulating <100kW Cut-off, U	0,0055	0,0101
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler atmospheric low-NOx non-modulating <100kW Cut-off, U	0,0058	0,0106
Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler atm. low-NOx condensing non-modulating <100kW Cut-off, U	0,0053	0,00976

Binnen de aardgasverbrandingsprocessen is de input en de emissie van het aardgas dominant. Ten opzichte van de het aardgasverbruik, dragen andere processen relatief weinig bij aan de totale MKI (enkele procenten).

De minimale en maximale MKI van deze processen in Ecoinvent 3.9.1 verschillen 18,3% van elkaar. Om de invloed van deze verschillen op de resultaten van de milieuverklaring aardgas goed in kaart te brengen is gekeken naar welke emissies binnen deze twee processen voorkomen (tabel 3.4) en het meeste bijdragen aan de MKI. Het blijkt dat bij de emissies in al de achtergrondmodellen uit tabel 3.3 bij de MKI de milieueffectcategorie Climate Change – Fossil (~90%) de meest dominante factor is. De hoeveelheid GWP wordt vervolgens weer voor ruim 99% gevormd door *Carbon dioxide, fossil*.

Tabel 3.5 Vergelijking minimum en maximum emissiewaarden en inputs aardgasverbrandingsinstallatieprocessen per MJ

Achtergrondproces	Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler fan burner low-NOx non-modulating <100kW Cut-off, U	Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW Cut-off, U	Eenheid
<i>Emissies naar lucht</i>			
Acetaldehyde	1,11E-09	9,8E-10	kg
Acetic acid	1,67E-07	1,47E-07	kg
Benzene	4,44E-07	3,92E-07	kg
Benzo(a)pyrene	1,11E-11	9,8E-12	kg
Butane	7,77E-07	6,86E-07	kg
Carbon dioxide, fossil	0,06216	0,054902	kg
Carbon monoxide, fossil	2,22E-05	2,84E-06	kg
Dinitrogen monoxide	5,55E-07	4,9E-07	kg
Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	3,33E-17	2,94E-17	kg
Formaldehyde	1,11E-07	9,8E-08	kg
Mercury (II)	3,33E-11	2,94E-11	kg
Methane, fossil	2,22E-06	1,96E-06	kg
Nitrogen oxides	1,67E-05	1,26E-05	kg
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	1,11E-08	9,8E-09	kg
Particulates, < 2.5 um	1,11E-07	9,8E-08	kg
Pentane	1,33E-06	1,18E-06	kg
Propane	2,22E-07	1,96E-07	kg
Propionic acid	2,22E-08	1,96E-08	kg
Sulfur dioxide	6,11E-07	4,9E-07	kg
Toluene	2,22E-07	1,96E-07	kg

De emissies zijn vervolgens omgerekend naar 1 m³ gas input, om onafhankelijk van de efficiëntie van beide installaties de emissies per m³ te kunnen beschouwen. Daarbij blijken de meeste emissies per m³ toegepast aardgas bij alle achtergrondmodellen (nagenoeg) gelijk te zijn. Bij vier emissies is er een verschil, deze zijn vetgedrukt in de tabel.

Zie table 3.5 voor vergelijking minimum en maximum emissies per m³ input gas voor central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} | heat production, natural gas, at boiler fan burner low-NOx non-modulating <100kW | Cut-off, U & Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} | heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW | Cut-off, U

Tabel 3.6 Vergelijking minimum en maximum emissies per m³

	minimum	maximum	eenheid	Vershil min – max
Acetaldehyde	3,87E-08	3,87E-08	kg	0,00%
Acetic acid	5,8E-06	5,8E-06	kg	0,00%
Benzene	1,55E-05	1,55E-05	kg	0,00%
Benzo(a)pyrene	3,87E-10	3,87E-10	kg	0,00%
Butane	2,71E-05	2,71E-05	kg	0,00%
Carbon dioxide, fossil	1,958276	2,16595	kg	-9,59%
Carbon monoxide, fossil	0,000774	0,000112	kg	589,66%
Dinitrogen monoxide	1,93E-05	1,93E-05	kg	0,00%
Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	1,16E-15	1,16E-15	kg	0,00%
Formaldehyde	3,87E-06	3,87E-06	kg	0,00%
Mercury (II)	1,16E-09	1,16E-09	kg	0,00%
Methane, fossil	7,74E-05	7,74E-05	kg	0,00%
Nitrogen oxides	0,00058	0,000499	kg	16,28%
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	3,87E-07	3,87E-07	kg	0,00%
Particulates, < 2.5 um	3,87E-06	3,87E-06	kg	0,00%
Pentane	4,64E-05	4,64E-05	kg	0,00%
Propane	7,74E-06	7,74E-06	kg	0,00%
Propionic acid	7,74E-07	7,74E-07	kg	0,00%
Sulfur dioxide	2,13E-05	1,93E-05	kg	10,00%
Toluene	7,74E-06	7,74E-06	kg	0,00%

In deze milieuverklaring voor aardgas wordt uitgegaan van de emissies per m³ voor het proces '*Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} | heat production, natural gas, at boiler fan burner low-NOx non-modulating <100kW | Cut-off, U*'. De emissies zijn gecorrigeerd voor de bijmenging van 12% stikstof. Daarbij is de CO₂-emissie, die voor ongeveer 90% verantwoordelijk is voor de MKI-waarde van de emissies in de huidige modellering, specifiek gecorrigeerd naar de Nederlandse situatie. Deze hangt namelijk in sterke mate af van de calorische waarde van het gas (de hoeveelheid methaan in het gas).

De CO₂-emissies per GJ aardgas worden elk jaar vastgesteld door RVO op basis van werkelijke metingen aan de gassamenstelling in Nederland. In 2024 was deze 56,2 kg CO₂/GJ, dit komt overeen met 0,0562 kg CO₂ (fossiel) per MJ. Deze waarde is toegepast in het operationele emissiemodel voor de verbranding van aardgas. Hierbij zit CO₂ dat ontstaat bij verbranding en CO₂ dat al aanwezig is in het gas². Voor standaard Nederlands aardgas is de calorische bovenwaarde 35,17 MJ/m³ en de onderwaarde 31,65 MJ/m³. Door de onderwaarde (31,65 MJ/m³) met de actuele emissiefactor te vermenigvuldigen kom je uiteindelijk op 1,779 kg CO₂ per m³ gas.

Alleen de verbrandingsemissies worden meegenomen in deze module. Het gebruik van de gasboiler (elektra en kapitaalgoederen) wordt buiten beschouwing laten, want het hoort bij de respectieve modules van het bouwwerk zelf.

² [Vaststelling van de standaard CO2-emissiefactor aardgas t.b.v. nationale monitoring 2025 en emissiehandel 2025](#)

Transport naar afvalverwerking (C2)

Voor het transport einde levensduur in C2 is de meegenomen forfaitaire transportafstand afhankelijk van het einde levensscenario van het materiaal, zoals vastgelegd in de Bepalingsmethode. De forfaitaire eindelevensscenario's verschillen per materiaal en hiervoor is aangesloten bij de Bepalingsmethode.

Tabel 3.7 Forfaitaire transportafstanden naar afvalverwerking per einde-levensscenario

C2 einde leven	Forfaitaire transportafstand	
Laten zitten	0	km
Stort	100	km
AVI	150	km
Recycling	50	km
Hergebruik	50	km

Verwerkingsfase en baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

De afvalverwerking, wat het storten en verbranden voor energie betreft, is al meegenomen in de gebruikte Ecoinvent-processen. Hieraan voegen we toe de recycling en de terugwinning van materiaal.

De module D baten en lasten bij aardgas bestaan uit de eindelevensverwerking van de pijpleiding gasdistributienetwerk (import) en onshoreput ter winning van gas. Zie materialisatie en verwerkingsscenario's in de volgende tabel.

Tabel 3.8 Afvalverwerking infrastructuur aardgas, per 1 Nm³

Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	% secundair	% naar recycling	% naar hergebruik
staal, wapening	1,39E-05	kg	82,2%	95%	0%
Gietijzer metalen, gemengd	1,39E-05	kg	35%	90%	0%
Portlandcementklinker	3,30E-03	kg	0,0%	0,0%	0%

De Ecoinvent-processen voor het modelleren van deze scenario's vind je in bijlage I.2.

Aardgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur

Om een model op te stellen voor de materialisatie van infrastructuur, oftewel externe levering, zijn de volgende stappen genomen:

1. Een netwerk-overzicht is gemaakt van het proces '0000-fab&Aardgas, verbrand, bij consument, per m³ (A1-A3) (o.b.v. zie toelichting in proces), (12-2030)' en '0000-fab&Aardgas, verbrand, bij consument, per m³ (A4) (o.b.v. zie toelichting in proces), (12-2030)'
2. Alle relevante infrastructuurprocessen (kapitaalgoederen) binnen MKI afkap van 0,5% zijn overgenomen in een nieuw basisproces, zie tabel hieronder.

Tabel 3.9 Inventarisatie infrastructuur aardgas, per m³ (overgenomen van het Netwerk-overzicht Aardgas, verbrand, bij consument, per m³ (A1-A3) en (A4); afkap bijdrage aan MKI 0,5%)

Module	Onderdeel infrastructuur	Ecoinvent-proces	Hoeveelheid per m ³ gas
A1-A3	Offshore pijpleiding (NO, RU, NL)	Pipeline, natural gas, long distance, high capacity, offshore {GLO} market for pipeline, natural gas, long distance, high capacity, offshore Cut-off, U	3,74E-6 m
A1-A3	Aardgasverwerkingsinstallatie	Natural gas processing plant {GLO} market for natural gas processing plant Cut-off, U	3.30E-13 p
A1-A3	Onshore pijpleiding (DE, US, RU, DZ)	Pipeline, natural gas, long distance, high capacity, onshore {GLO} market for pipeline, natural gas, long distance, high capacity, onshore Cut-off, U	1,04E-5 m
A1-A3	Onshore gasbron (RU, US, DZ)	Onshore well, oil/gas {GLO} market for onshore well, oil/gas Cut-off, U	1,15E-5 m
A1-A3	Offshore gasbron (NG, GB, US, RU, QA, NO, NL)	Offshore well, oil/gas {GLO} market for offshore well, oil/gas Cut-off, U	3,78E-6 m
A4	Pijpleiding gasnetwerk Nederland, hoge druk	Pipeline, natural gas, high pressure distribution network {Europe without Switzerland} pipeline construction, natural gas, high pressure distribution network Cut-off, U	3.84E-5 m
A4	Pijpleiding gasnetwerk Nederland, lage druk	Pipeline, natural gas, low pressure distribution network {GLO} market for pipeline, natural gas, low pressure distribution network Cut-off, U	0.000143 m
A4	Infrastructuur van verliezen in transport	0000-fab&Aardgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur, per m3 (A1-A3) (o.b.v. zie toelichting in proces), (12-2030)	0,001+0,0025 = 0.0035 m ³

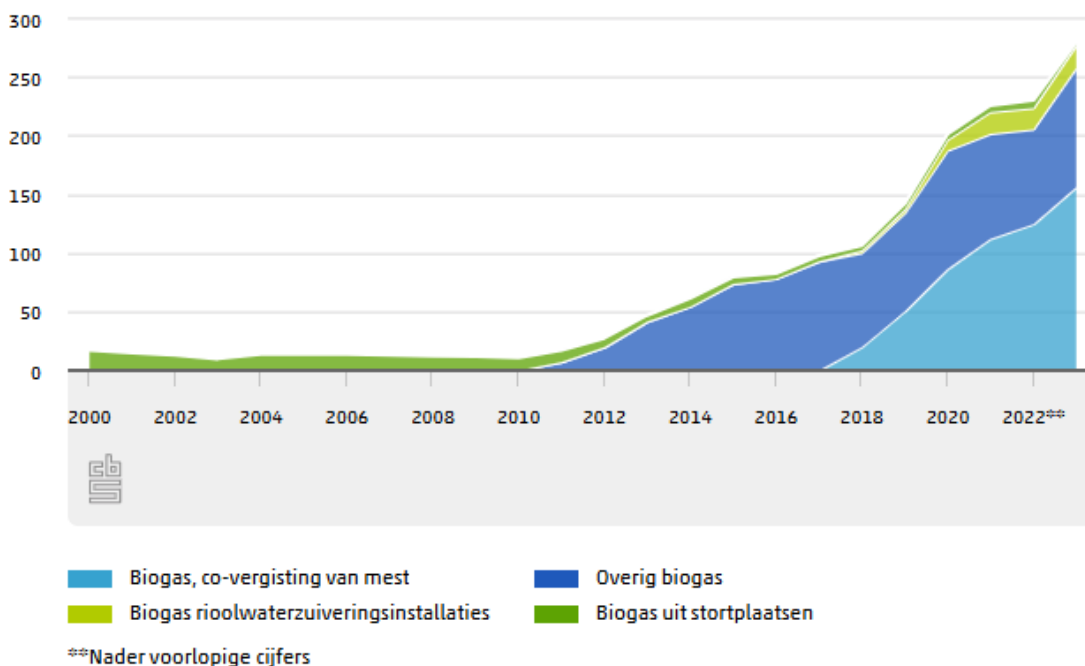
Biogas, verbrand, bij consument

Productiefase (A1-A3)

De biogasmix bestaat uit biogas uit co-vergisting van mest, biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties, biogas uit stortplaatsen en overig biogas. Voor de productie van biogas wordt er uitgegaan van de meest recente data van CBS. Er is geen prognose beschikbare over de wijzigingen in de biogasmix voor de komende 50 jaar.

8.1.3 Groen gasproductie uit biogas

Miljoen kubieke meter



Figuur 3.4 Groen gasproductie uit biogas in Nederland, bron: [8. Biomassa | CBS](#)

Tabel 3.10 Verdeling van groen biogasproductie in Nederland 2023 en gebruikte Ecoinvent-processen

Techniek	Aandeel van totaal groen gasproductie 2023 ³	Gebruikte Ecoinvent-proces(sen)	MKI per m ³ , Euro
Biogas, co-vergisting van mest	55,85%	Biogas {RoW} anaerobic digestion of manure Cut-off, U	0,223
Overig biogas	36,31%	Biogas {RoW} market for biogas Cut-off, U	0,114
Biogas rioolwater-zuiveringsinstallaties	6,93%	Biogas {RoW} treatment of sewage sludge by anaerobic digestion Cut-off, U	0
Biogas uit stortplaatsen	0,91%	Biogas {RoW} treatment of biowaste by anaerobic digestion Cut-off, U	0

Het ruwe biogas bevat methaan en CO₂ maar ook ongewenste componenten zoals waterstofsulfide (H₂S), siloxanen en terpenen. Deze moeten worden verwijderd om biogas in het aardgasnet in te kunnen voeren. Voor het zuiveren, oftewel opwerken, naar groen gas worden er meestal drie verschillende methodes gebruikt: waterscrubbers, membraanscheiding en Pressure Swing Absorbition (PSA). De keuze hangt af van de biogassamenstelling, het gewenste eindproduct en economische factoren. Er zijn geen specifieke gegevens beschikbaar voor de verhoudingen van gebruikte technieken, dus er wordt een 33/33/33 split gebruikt tussen deze drie in het model.

³ Bron: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2024/hernieuwbare-energie-in-nederland-2023/8-biomassa>

Tabel 3.11 Verschillen MKI biogaszuiveringsinstallaties

<i>Techniek</i>	<i>Ecoinvent-proces(sen)</i>	<i>MKI per m³, Euro</i>
Waterscrubbers	Biomethane, high pressure {RoW} biogas purification to biomethane by amino washing Cut-off, U	0.184
Membraanscheiding	Biomethane, high pressure {RoW} biogas purification to biomethane by membrane technique Cut-off, U	0.208
Pressure Swing Absorbtion	Biomethane, high pressure {RoW} biogas purification to biomethane by pressure swing adsorption Cut-off, U	0.173

De bovengenoemde Ecoinvent-processen bevatten ook de gasinput die nodig is voor het zuiveren van 1 m³ biogas, met een verdeling van 61% biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties; 37,3% uit het vergisten van GFT; en 1,7% uit mestvergisting. Deze verdeling is gebaseerd op een Deens onderzoek en verschilt dus enorm van de Nederlandse context in deze studie. Hierdoor wordt het inputgas verrekend om dubbeltelling te voorkomen en de gebruikte technieken in Nederland in 2023 te representeren, zie Tabel 3.10 Verdeling van groen biogasproductie in Nederland 2023 en gebruikte Ecoinvent-processen.

Bij elk zuiveringsproces hoort ook een volumeverliespercentage bij, die wordt veroorzaakt door kooldioxide te verwijderen en methaangehalte van >95% te bereiken. Deze percentage is, volgens de beschikbare Ecoinvent-processen, 56,5% bij waterscrubbers, 54,2% bij membraanscheiding en 53,6% bij PSA. Het gemiddelde van deze verliezen, 54,8% wordt gehanteerd voor de aangepaste biogassamenstelling.

Ecoinventprocessen gaan uit van biogene koolstof neutraliteit (opname van CO₂ bij productie/toepassing van biogeen materiaal en gelijke emissie bij verbranding). Vanuit de toegepaste Ecoinvent processen zit er een inconsistentie tussen de opname en de emissie van biogeen CO₂. Dit is vanwege de significante bijdrage gecorrigeerd zodat biogeen CO₂ binnen module A1A3 samen met verbranding in B1 samen op '0' uitkomt. Alleen methaanemissies dragen bij aan GWP-biogeen.

Transportfase (A4)

Groen gas kan worden ingevoerd in het bestaande aardgasnetwerk. Omdat groen gas dezelfde eigenschappen heeft als aardgas zijn er geen aanpassingen nodig aan gasleidingen en infrastructuur. Voor de distributieverliezen van biogas worden dus dezelfde percentages gebruikt als voor *Aardgas, verbrand, bij consument*. Biogas bestaat uit ongeveer 60% methaan en 40% CO₂ ([RVO](#)⁴). Het aandeel van 60% methaanverlies wordt meegenomen in het model als emissie naar de lucht. Voor de biogene CO₂ gaan we uit van CO₂-balans vanuit koolstofneutraliteit. Er is verder geen specifieke data beschikbaar voor het transporteren van groen gas in Nederland, dus er wordt aangenomen dat dit op dezelfde manier gebeurt als aardgas. Alleen het transport binnen Nederland wordt meegenomen op basis van de aanname dat het biogas in Nederland geproduceerd en verbruikt wordt.

De kapitaalgoederen voor de gastransport, dat wil zeggen de pijpleidingen, zijn niet inbegrepen in de Ecoinvent-processen gebruikt voor het modelleren van de A1-A3 emissies van biogas (bij aardgas

⁴ [Grondstoffen en technieken voor groen gas | RVO.nl](#)

wel). Deze worden apart toegevoegd met als richtlijn de inputs van de land-specifieke Ecoinvent-processen *Natural gas, high pressure {NL} | market for natural gas, high pressure | Cut-off, U* voor hoge druk leidingen en inputs van *Natural gas, low pressure {NL} | market for natural gas, low pressure | Cut-off, U* voor de lage druk pijpleidingen. Zie inventarisatie in Tabel 3.3.

Gebruiksfase (B1)

Het verbranden van groen gas gebeurt met dezelfde ketels als aardgas. De correctie op CO₂-emissies in de B1-module van het aardgas-proces is gebaseerd op de eigenschappen van de landelijke gasmix. Groen gas heeft vrijwel dezelfde calorische waarde als aardgas, dus de verbrandingsemissies zijn ook representatief voor deze bron en worden op dezelfde manier gemodelleerd als bij *Aardgas, verbrand, bij consument*.

Alleen de verbrandingsemissies worden meegenomen in deze module. Het gebruik van de gasboiler (elektra en kapitaalgoederen) wordt buiten beschouwing laten, deze zitten opgenomen als materialisatie van het bouwwerk zelf.

Transport naar afvalverwerking (C2)

Voor het transport einde levensduur in C2 is de meegenomen forfaitaire transportafstand afhankelijk van het einde levensscenario van het materiaal, zoals vastgelegd in de Bepalingsmethode. De forfaitaire eindelevensscenario's verschillen per materiaal en hiervoor is aangesloten bij de Bepalingsmethode.

Tabel 3.12 Forfaitaire transportafstanden naar afvalverwerking per einde-levensscenario

C2 einde leven	Forfaitaire transportafstand	
Laten zitten	0	km
Stort	100	km
AVI	150	km
Recycling	50	km
Hergebruik	50	km

Verwerkingsfase en baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

Zie Generieke uitgangspunten voor de methode van het bepalen de impact van deze fase.

De module D baten en lasten bij biogas bestaan voornamelijk uit de eindelevensverwerking van de anaerobe vergistingsinstallatie gebruikt voor co-vergisting van mest. Zie materialisatie en verwerkingsscenario's in het volgende tabel.

Tabel 3.13 Afvalverwerking infrastructuur biogas, per 1 Nm³

Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	% secundair	% naar recycling	% naar hergebruik
koper	1,60E-04	kg	72,5%	95%	0%
hout, verontreinigd	1,13E-02	kg	0%	0%	0%
staal, wapening	5,14E-03	kg	82,2%	95%	0%
staal, zink / verzinkt staal	4,42E-04	kg	49,0%	95%	0%

Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	% secundair	% naar recycling	% naar hergebruik
beton	8,37E-02	kg	0%	99%	0%
elastomeren (o.a. epdm)	4,27E-04	kg	0%	5%	0%
aluminium, uit B&U	7,07E-05	kg	30%	94%	0%
metalen, gemengd	9,19E-04	kg	35%	90%	0%
kunststoffen, overig	7,61E-04	kg	0%	10%	0%
zand, grond	7,78E-02	kg	0%	0%	99%

De gebruikte Ecoinvent-processen voor het modelleren van deze scenario's vind je in Bijlage II.

Biogas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur

Bij het opstellen van een model voor de materialisatie van infrastructuur biogas, zijn dezelfde stappen genomen als voor aardgas:

1. Een netwerk-overzicht is gemaakt van het proces '0000-fab&Biogas, verbrand, bij consument, per m³ (A1-A3) (o.b.v. zie toelichting in proces), (12-2030)' en '0000-fab&Biogas, verbrand, bij consument, per m³ (A4) (o.b.v. zie toelichting in proces), (12-2030)'
2. Alle relevante infrastructuurprocessen (kapitaalgoederen) binnen MKI afkap van 0,5% zijn overgenomen in een nieuw basisproces, zie tabel hieronder.

Tabel 3.14

Inventarisatie materialisatie infrastructuur biogas, per m³ gas (overgenomen van het Netwerk-overzicht Biogas, verbrand, bij consument, per m³ (A1-A3) en (A4); afkap bijdrage aan MKI 0,5%)

Module	Onderdeel infrastructuur	Ecoinvent-proces	Hoeveelheid per m ³ gas
A1-A3	Mestvergister	Anaerobic digestion plant, agriculture, with methane recovery {GLO} market for anaerobic digestion plant, agriculture, with methane recovery Cut-off, U	3,29E-7 p
A1-A3	Siliconenproduct (waterscrubbers)	Silicone product {RoW} market for silicone product Cut-off, U	1,22E-4 kg
A4	Pijpleiding gasnetwerk Nederland, hoge druk	Pipeline, natural gas, high pressure distribution network {Europe without Switzerland} pipeline construction, natural gas, high pressure distribution network Cut-off, U	3,84E-8 km
A4	Pijpleiding gasnetwerk Nederland, lage druk	Pipeline, natural gas, low pressure distribution network {GLO} market for pipeline, natural gas, low pressure distribution network Cut-off, U	1,43E-7 km

Waterstofgas, verbrand, bij consument

Productiefase (A1-A3)

Deze fase is gemodelleerd met het NMD-proces "0752-fab&Waterstof, Gas, Energiedrager, Elektrolyse, wind energie, A1-A3". Dit staat voor productie van waterstof met hernieuwbare elektriciteit en de elektrolysetechniek op windenergie. In elektrolyse wordt in een elektrochemische cel water gesplitst in waterstof en zuurstof met behulp van elektronen. De energieprocessen worden

automatisch bijgewerkt met elke update van de NMD-processendatabase. Waterstof heeft een energiedichtheid van 33,3 kWh / kg waterstof. Transportfase (A4)

Het bestaande aardgasnet kan gebruikt worden voor een bijmenging of in de toekomst zelfs voor een exclusief transport van waterstof. Studies tonen aan dat slechts beperkte technische aanpassingen nodig zijn. Zowel in België als in Nederland zijn er concrete plannen om delen van het aardgasnetwerk te converteren naar een waterstofnetwerk.⁵ Daarnaast kunnen er nieuwe waterstofnetten aangelegd worden, bijvoorbeeld in havenomgevingen of om vraag en aanbod met elkaar te verbinden. De pijpleidingen binnen Nederland worden hierdoor op dezelfde manier gemodelleerd als bij biogas, zie Biogas, verbrand, bij consument. Het gasnetwerkmodel is berekend per m³ geleverd gas, dus het wordt omgerekend per kilo geleverd waterstofgas.⁶ Één m³ waterstofgas heeft een massa van 0,0855 kg.

Een andere, op dit moment veelgebruikte manier van waterstoftransport is via hogedrukcilinders, oftewel een tube trailer. Voor de vergelijking van de milieueffecten van beide scenario's, is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd in het hoofdstuk Gevoeligheidsanalyse.

Bij het transport van waterstof treden, net als met andere gassen, verliezen op door lekkages. De dichtheid van waterstof is lager dan die van methaan, respectievelijk 85,5 en 678,6 g/Nm³. Daardoor lekt waterstof sneller uit openingen dan bijvoorbeeld aardgas. Onder gelijke omstandigheden lekt er naar verhouding 2,8 keer meer waterstof dan methaan in volume.⁵ Per getransporteerde kilogram waterstof komt dit neer op een verlies van 0,00084 kg waterstof⁷.

Gebruiksfase (B1)

Indien waterstof zou worden toegepast als alternatief gas in het gasnet, kan het worden gebruikt voor de verwarming van huishoudens en warmtapwater door verbranding in een aangepaste gasketel. Dit vergt slechts een kleine ingreep in de bestaande ketels. Bij het verbranden van waterstof komt er alleen water vrij, 9 kilo water per kilo verbrand waterstof.

Transport naar afvalverwerking (C2)

Alleen de 'fuel cell, stack polymer electrolyte membrane' en het transportnetwerk bevat materialisatie. Voor het transport einde levensduur in C2 is de meegenomen forfaitaire transportafstand afhankelijk van het einde levensscenario van het materiaal, zoals vastgelegd in de Bepalingsmethode. De forfaitaire eindelevensscenario's verschillen per materiaal en hiervoor is aangesloten bij de Bepalingsmethode.

Tabel 3.15 Forfaitaire transportafstanden naar afvalverwerking per einde-levensscenario

C2 einde leven	Forfaitaire transportafstand	
Laten zitten	0	km
Stort	100	km
AVI	150	km
Recycling	50	km
Hergebruik	50	km

⁵ Toekomstbestendige gasdistributienetten, Netbeheer Nederland (2018)

⁶ 1 Nm³ H₂ = 85,5 g; 1 kg H₂ = 1/0,0855 Nm³ = 11,7 Nm³

⁷ 2,8 keer de verliezen van aardgas keer kg waterstof / m³: 2,8*(0,001+0,0025)*0,0855 = 0,0008379

Verwerkingsfase en baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

Zie Generieke uitgangspunten voor de methode van het bepalen de impact van deze fase.

De module D baten en lasten bij waterstofgas bestaan voornamelijk uit de eindelevensverwerking van de brandstofcel gebruikt voor de elektrolyse. Zie materialisatie en verwerkingsscenario's in het volgende tabel.

Tabel 3.16 Afvalverwerking infrastructuur waterstofgas, per kg

Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	% secundair	% naar recycling
actief kool	1,28E-08	kg	0%	0%
aluminium, uit B&U	6,73E-06	kg	30%	94%
kunststoffen, vezelversterkt	7,7E-07	kg	0%	0%
platina/zilver	1,11E-08	kg	onbekend / 0%	onbekend / 90%

Voor platina is er nog geen NMD-proces beschikbaar, dus de impact van de verwerkingsfase is onbekend. Echter, dit materiaal heeft de grootste bijdrage (70%) aan de MKI van de brandstofcel, dus het wordt wel berekend met een vergelijkbaar materiaal, zilver. De hoeveelheden per materiaal zijn minimaal, dus het effect op module D is verwaarloosbaar.

Waterstofgas, verbrand, bij consument, materialisatie infrastructuur

Bij het opstellen van een model voor de materialisatie van infrastructuur waterstofgas, zijn dezelfde stappen genomen als voor aardgas:

1. Een netwerk-overzicht is gemaakt van het proces '0000-fab&Waterstofgas, verbrand, bij consument, per kg (A1-A3) (o.b.v. zie toelichting in proces), (12-2030)' en '0000-fab&Waterstofgas, verbrand, bij consument, per kg (A4) (o.b.v. zie toelichting in proces), (12-2030)'
2. Alle relevante infrastructuurprocessen (kapitaalgoederen) binnen MKI afkap van 0,5% zijn overgenomen in een nieuw basisproces, zie tabel hieronder.

De materialisatie infrastructuur van waterstof bestaat uit de brandstofcel en het gasleidingnetwerk (gekopieerd van het biogas/groen gas model).

Gas, Nederlandse mix

Uitgangspunt is de geanticipeerde gemiddelde gasmix van moment van opstellen tot 50 jaar later (beschouwingsperiode binnen WLC-GWP). De mix wordt bepaald met tijdsintervallen van 5 jaar, waarvan het gemiddelde wordt genomen per tijdsinterval als rekenpunt. Als databron voor de gasmix wordt uitgegaan van de Klimaat- en Energieverkenning (KEV). De KEV geeft data tot een periode vooruit. Vanaf het laatste datapunt wordt ervan uitgegaan dat de gasmix gelijk blijft tot het einde van de beschouwingsperiode. Het verloop van de gasmix staat weergegeven in onderstaand tabel.

Tabel 3.17 Verhouding Biogas-aardgas in de gasmix 2025-2075, o.b.v. vastgesteld beleid

Op basis van vastgesteld beleid	2025	2030	2035	Gemiddeld 50 jaar (2025-2075)
Biogas (petajoule)	1,6%	2,0%	2,4%	2,2%
Aardgas (petajoule)	98,4%	98,0%	97,6%	97,8%

Er is (nog) geen vastgesteld landelijk beleid over het produceren van waterstofgas – dit wordt daardoor als 0% genoteerd. Voor toekomstige versies en updates van deze milieuverklaring moet de mix worden herzien.

Alle modules (A1-A3, A4, B1 en D) van de gasmix zijn opgesteld o.b.v. de gemiddelde samenstelling van aardgas en biogas in bovengenoemde verhoudingen.

Gevoeligheidsanalyse

Opwerken van biogas, proceskeuze

Bij het modelleren van opwerken biogas naar groen gas zijn de drie meest voorkomende methodes (Waterscrubbers, Membraanscheiding en Pressure Swing Absorption) en een splitsing van 33/33/33 gebruikt, omdat er geen specifieke data beschikbaar is van de daadwerkelijke verhouding van de methodes. Hieronder een vergelijking van de impact van de gebruikte methode met een 100% membraanscheiding (meest conservatief uit de drie opties).

Tabel 4.3 Vergelijking proceskeuze opwerken van biogas

Methode	Gebruikte EI-processen (3.9.1)	MKI per m ³ , Euro	Verskil
33/33/33 splitsing	Biomethane, high pressure {RoW} biogas purification to biomethane by amino washing Cut-off, U Biomethane, high pressure {RoW} biogas purification to biomethane by membrane technique Cut-off, U Biomethane, high pressure {RoW} biogas purification to biomethane by pressure swing adsorption Cut-off, U	0.188	<10%
100% membraanscheiding	Biomethane, high pressure {RoW} biogas purification to biomethane by membrane technique Cut-off, U	0.208	

Het verschil in MKI is minder dan 10%, en het zuiveren van biogas draagt ongeveer 33% bij aan de hele milieu-impact van biogas. Hierdoor kunnen we het effect van proceskeuze minimaal beschouwen. Deze processen bevatten dus wel de gasinput, maar ook zonder de input blijft het verschil onder 10%.

Transport van waterstof

Het beoogde doel van de waterstof-milieuverklaring is de toekomstige vervanging van aardgas als energiedrager. In het toegepaste scenario zal de waterstof in het bestaande gasnet ingevoerd worden. Volgens experts is dit mogelijk met een aantal technische aanpassingen, maar gebeurt nu nog maar op een heel kleine schaal. Op dit moment wordt waterstof vaak ter plekke geproduceerd en opgeslagen of in hogedrukcilinders met vrachtwagens getransporteerd. Het laatste is het vergelijkingsscenario.

Toegepaste scenario: via pijpleidingen, zoals biogas (groen gas)

Tabel 4.4 Inventarisatie infrastructuur gastransport per m³ groen gas in Nederland + omrekening naar kg waterstof

Onderdeel infrastructuur	Ecoinvent-proces	Hoeveelheid, per m ³ gas	Hoeveelheid, per kg waterstof (11,7 Nm ³ /kg)
Pijpleidingen hoge druk	Pipeline, natural gas, high pressure distribution network {Europe without Switzerland} pipeline construction, natural gas, high pressure distribution network Cut-off, U	3,84E-8 km	3,28E-9 km
Pijpleidingen lage druk	Pipeline, natural gas, low pressure distribution network {GLO} market for pipeline, natural gas, low pressure distribution network Cut-off, U	1,43E-7 km	1,22E-8 km
Gasverbruik, compressorstation, hoge druk	Natural gas, burned in gas turbine {NL} natural gas, burned in gas turbine Cut-off, U	0,176 MJ	0,015 MJ

Onderdeel infrastructuur	Ecoinvent-proces	Hoeveelheid, per m ³ gas	Hoeveelheid, per kg waterstof (11,7 Nm ³ /kg)
Gasverbruik compressorstation, lage druk	Natural gas, burned in gas turbine {NL} natural gas, burned in gas turbine Cut-off, U	0,044 MJ	0,004 MJ

MKI per kg waterstof getransporteerd (zonder verliezen), aandeel transport: 0.00041 euro
MKI per kg waterstof totaal, volledige levenscyclus: 0,007 euro.

Vergelijkingsscenario: met tube trailers

Een tube trailer kan per truck zo'n 200-300 kg waterstof transporteren.⁸ De forfaitaire waarde (uit de Bepalingsmethode) voor transport van bulkmateriaal, 50 kilometer, wordt gehanteerd in dit scenario. Het gaat over volumetransport en daardoor wordt het NMD-proces '0098-pro&Vrachtwagen 25-28t; 240 kW; PER UUR (o.b.v. 806 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| processing | Cut-off, U)' gebruikt voor modellering. Als uitgangspunt wordt de transportafstand (50 km) in ongeveer een half uur afgelegd, dus voor 1 kilo waterstof is dat $1/2/250=0,002$ uur.

MKI per kg waterstof getransporteerd (zonder verliezen), aandeel transport tube trailer: 0.0505 euro

Het verschil in MKI tussen beide transportsenario's is groot. Als conclusie: waterstof geleverd via het aardgasnetwerk heeft een veel lagere milieu-impact, dan waterstof geleverd met tube trailers. Voor een specifieke milieuverklaring van waterstof geleverd via tube trailers moet het bijbehorende transportsenario (transportmassa, dieselverbruik) verder onderzocht worden. De milieuverklaring van waterstof geleverd via het aardgasnet is niet representatief voor levering per tube trailer.

⁸ [Hoe verloopt opslag en distributie?](#)

4. Referenties

[1] NEN-EN-ISO 14040 Environmental management -Life cycle assessment -Principles and framework (ISO 14040:2006,IDT), juli 2006

[2] NEN-EN-ISO 14044 Environmental management -Life cycle assessment -Requirements and guidelines (ISO 14044:2006,IDT), juli 2006

[3] NEN-EN 15804+A1:2013 Duurzaamheid van bouwwerken –Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten, november 2013

[4] Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken / versie 1.2, januari 2025

[5] Processendatabase (Nationale Milieu Database): NMD versie 3.10

[6] EcolInvent Database versie 3.9.1

5. Bijlagen

Bijlage I: LCI-tabellen basisprocessen en milieuverklaringen Gas

Bijlage I LCI-tabellen basisprocessen en milieuverklaringen Gas.csv

Bijlage II: Resultaten, update data en processen Gas

Bijlage II Resultaten, update data en processen Gas.xlsx