

Notitie

Aan

Rijkswaterstaat PPO & Havenbedrijf Rotterdam

Van

Ir. L. Kootstra

Onderwerp

Aannames en uitgangspunten milieuprofielen baggerschepen t.b.v. tender

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

Datum

26 juni 2019

E-mail

lucinda.kootstra@tno.nl

Inleiding

In 2016 heeft TNO in opdracht van RWS branche gemiddelde milieuprofielen voor scheepsbrandstoffen opgesteld t.b.v. opname in de NMD (Nationale Milieudatabase). Dit resulteerde in het TNO-rapport "TNO 2016 R10662 Milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de National Milieudatabase (NMD)" in het kort de "scheepsbrandstoffenstudie 2016". RWS is momenteel de eigenaar van milieuprofielen die een geldigheid hebben van 5 jaar. Het doel van opstellen van deze branchegemiddelde profielen was het neerzetten van een benchmark met de uitnodiging aan markt om zelf nieuwe leverancier specifieke profielen met een lagere milieubelasting toe te voegen. De milieuprofielen zijn destijds opgesteld o.b.v. de beschikbare literatuur. Er is dus geen aanvullende data-inventarisatie gedaan bij marktpartijen. Om te waarborgen dat de milieuprofielen een branchegemiddeld karakter hadden, zijn de gebruikte gegevens en aannames getoetst op representativiteit met de vereniging van waterbouwers.

Doel van document

Dit document heeft als doel de belangrijkste aannames en uitgangspunten te omschrijven van de MKI-berekeningen van de brandstoffen HFO, MDO, HVO, GTL LNG en bio-LNG.

Algemeen

In de scheepsbrandstoffenstudie 2016 is gebruik gemaakt van de SBK-bepalingsmethode versie 2.0 (november 2014) en Simapro 7. Voor alle achtergrondprocessen is de database Ecoinvent 2.2 gebruikt.

De aannames en uitgangspunten zijn opgedeeld in twee delen. Het eerste deel bevat onderdelen waarbij, onderbouwd, van afgeweken mag worden. Dit zijn de levenscyclusfases: productiefase, transportfase en verbrandingsemissies tijdens de gebruiksfase. Het tweede deel bevat de andere onderdelen van de gebruiksfase waarop niet afwijken mag worden.

Productiefase (A1-A3)

De productiefase omschrijft alleen de productie van de brandstof op de productielocatie. Voor HFO en MDO zijn Ecoinvent-processen de basis. Voor de andere brandstoffen waren geen standaard processen beschikbaar. Deze zijn gemodelleerd door Ecoinvent-processen te combineren. In de rapportage staat

uitgebreid omschreven om welke processen het gaat. Hieronder is een korte samenvatting gegeven.

Datum
26 juni 2019

Blad
2/8

Brandstof	Aannames
HFO	– O.b.v. van Ecoinvent-proces: “Heavy fuel oil, at refinery/RER” (RER = Europe, dus generiek proces voor productie in Europa)
MDO	– O.b.v. van Ecoinvent-proces: “Light fuel oil, at refinery/RER”
GTL	– Het productieproces is gemodelleerd zoals beschreven in studie van JRC (JRC, 2014). – Winning vindt plaats in Qatar, maar door ontbreken van proces specifiek voor Qatar is gebruik gemaakt van “Natural gas, at production onshore/DZ”. DZ =Algerije. – De infrastructuur van de productielocatie is gemodelleerd door middel van het Ecoinvent-proces “Chemical plant, organics/RER/I”. – Elektriciteitsverbruik van het GTL-depot en warmte voor het proces zijn gemodelleerd door middel van de Ecoinvent-processen: “Electricity, natural gas, at power plant/UCTE” en “Natural gas, burned in industrial furnace >100kW/DZ”.
HVO	– HVO is gebaseerd op 50% dierlijke vetten en 50% afgewerkt frituurvet en is gebaseerd op het rapport van Nikander (Nikander, 2008). Alle processen en details zijn te vinden deze rapportage.
LNG	– Het productieproces is gemodelleerd zoals beschreven in studie van JRC (JRC, 2014). – Winning vindt plaats in Qatar, maar door ontbreken van proces specifiek voor Qatar is gebruik gemaakt van “Natural gas, at production onshore/DZ”. DZ =Algerije. – De infrastructuur van de productielocatie is gemodelleerd door middel van het Ecoinvent-proces “Production plant, natural gas/GLO/I”. – Energieverbruik van de terminal door middel van het proces: “Natural gas, burned in gas motor, for storage/DZ”. – Methaanemissies tijdens het productieproces zijn gemodelleerd als emissies naar lucht (Methane, fossil). – Elektriciteitsverbruik voor liquefractie en loading terminal zijn gemodelleerd door middel van de Ecoinvent-processen: “Natural gas, burned in power plant/UCTE”
Bio-LNG	– Productie van bio-LNG is gemodelleerd met behulp van het Ecoinvent-proces: “Methane 96 vol-%, from biogas, at purification”. Hierin is het proces “Biogas, production mix, at

Datum
26 juni 2019

Blad
3/8

	storage/CH U" vervangen door de Nederlandse mix gebaseerd op: ○ 21% RWZI-slib gemodelleerd door gebruik te maken van het Ecoinvent-proces "Biogas, from sewage sludge, at storage/CH U" ○ 46% voedselresten gemodelleerd door gebruik te maken van het Ecoinvent-proces "Biogas, from biowaste, at storage/CH U" ○ 33% mest gemodelleerd door gebruik te maken van het Ecoinvent-proces "Biogas, from slurry, at agricultural co-fermentation, covered/CH U" – Daarnaast is aangenomen dat de elektriciteit is gebruik voor liquefractie. Dit is gemodelleerd met het Ecoinvent-proces "Electricity, medium voltage, at grid/NL". – In tegenstelling tot (JRC, 2014) zijn er geen vermeden methaan emissies opgenomen in de modellering.
--	--

Transportfase (A4)

A4 omvat het transport vanaf productielocatie naar opslaglocatie en benodigdheden (elektra/gasverbruik, infrastructuur etc.) voor opslag tot gebruik.

De aannames en uitgangspunten gehanteerd in de scheepsbrandstoffenstudie 2016 zijn:

Brandstof	Aannames
HFO	Gebaseerd op het Ecoinvent-proces: "Heavy fuel oil, at regional storage/RER", waar twee aanpassingen in zijn gemaakt: – Productie en opslag vinden plaats in Rotterdam, dus de transportafstand is gelijkgesteld aan 0. – Productie van HFO is opgenomen in A1-A3, dus in dit deel ook gelijkgesteld aan 0. – Wat wel in modellering is meegenomen per ton HFO, is dan: ○ 67 kWh elektriciteit gemodelleerd met het Ecoinvent-proces "Electricity, low voltage, production UCTE, at grid/UCTE U" ○ 0,689 kg kraanwater gemodelleerd met het Ecoinvent-proces "Tap water, at user/RER U" ○ 0,000000104 stuks infrastructuur gemodelleerd met het Ecoinvent-proces "Regional distribution, oil products/RER/I U"
MDO	Op basis van het Ecoinvent-proces "Light fuel oil, at regional storage/RER" waar twee aanpassingen in zijn gemaakt: – Productie en opslag vinden plaats in Rotterdam, dus de transportafstand is gelijkgesteld aan 0. – Productie van MDO is opgenomen in A1-A3, dus in dit deel ook gelijkgesteld aan 0.

Datum
26 juni 2019

Blad
4/8

	– Wat wel in modellering is meegenomen per ton, is dan: - o 67 kWh elektriciteit: “Electricity, low voltage, production UCTE, at grid/UCTE U” - o 0,689 kg kraanwater: “Tap water, at user/RER U” - o 0,000000104 stuks infrastructuur: “Regional distribution, oil products/RER/I U”
GTL	– 11800km transport van Qatar naar Nederland, gebaseerd op het proces “Transport, transoceanic tanker/OCE”, waarbij het proces “Operation, transoceanic tanker/OCE U” is opgehoogd van 1,0 tkm naar 1,4 tkm. – Opslag van GTL op schip en aan land zijn beide gemodelleerd met het Ecoinvent-proces “Electricity, medium voltage, at grid/NL”
HVO	– Productie vindt plaats in Nederland, maar de exacte locatie is onbekend. Er is dus gebruik gemaakt van de forfaitaire transportafstand van de SBK-bepalingsmethode van 150 km. Het transport is gemodelleerd met het Ecoinvent-proces “Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER U”.
LNG	– 11800km transport van Qatar naar Nederland, gebaseerd op het proces “Transport, liquefied natural gas, freight ship/OCE” – Elektriciteits- en energiegebruik voor opslag van LNG op bunkerterminal, zijn gemodelleerd met de Ecoinvent-processen “Electricity, medium voltage, at grid/NL” en “Natural gas, burned in gas motor, for storage/NL”
Bio-LNG	– Productie vindt plaats in Nederland, maar de exacte locatie is onbekend. Er is dus gebruik gemaakt van de forfaitaire transportafstand van de SBK-bepalingsmethode van 150 km. Het transport is gemodelleerd met het Ecoinvent-proces “Transport, lorry >16t, fleet average/RER U”. – Methaan emissies tijdens transport gemodelleerd als emissie naar lucht “Methane, biogenic”.

Gebruiksfasen

In de gebruiksfasen zijn de volgende elementen meegenomen in de LCA van de branchegemiddelde milieuprofielen:

- emissies van verbranding van de brandstof
- emissies gerelateerd aan gebruik van koelvloeistof
- emissies van smeeroliegebruik
- gebruik van schip
- gebruik van machines
- gebruik van haven faciliteiten en haven-onderhoud

Onderbouwd afwijken is in de levenscyclusfase alleen toegestaan voor de verbrandingsemissies.

Emissies van verbranding

De verbrandingsemissies gerapporteerd in de scheepsbrandstoffenstudie uit 2016 zijn gebaseerd op 'medium speed' motoren en een combinatie van IMO tier 1 en ouder, en IMO tier 2 motoren. Het zijn de emissies van hoofd- en hulpmotoren.

De verbrandingsemissies zijn gebaseerd op de volgende bronnen:

Emissie	Bron
CO ₂	– HFO & MDO o.b.v. koolstofgehalte vermeld in broeikasgassenstudie van (Smith, et al., 2014). – GTL o.b.v. koolstofgehalte vermeld in (Verbeek, 2014) – HVO o.b.v. koolstofgehalte vermeld in (Aatola, Larmi, Sarjovaara, & Mikkonen, 2008) – (Bio)-LNG o.b.v. koolstofpercentage van methaan (75%)
NO _x	– MDO o.b.v. gemiddelde van de emissiefactoren o.b.v. (Klein J. , et al., 2016) – HFO o.b.v. emissiefactor MDO, met aanpassing door hogere N-fractie: 0,3 w% N leidt tot 9,86 g extra NO_x/kg en scrubber 5% van de NO_x verwijderd. – HVO & GTL o.b.v. emissiefactor MDO met 10% reductie o.b.v. (Aatola, Larmi, Sarjovaara, & Mikkonen, 2008) – (Bio)-LNG o.b.v. metingen van (Anderson, Salo, & Fridell, 2015)
CO, NMVOS en SO ₂	– MDO o.b.v. gemiddelde van de emissiefactoren o.b.v. (Klein J. , et al., 2016) – HFO emissiefactoren zijn gelijk gesteld aan MDO (N.B. SO_x is ook gelijk door gebruik van scrubber) – HVO & GTL gebaseerd op (Aatola, Larmi, Sarjovaara, & Mikkonen, 2008): ○ CO: emissiefactor MDO met 15% reductie ○ NMVOS emissiefactor MDO met 20% reductie ○ SO_x: emissiefactor MDO met 90% reductie – (Bio)-LNG ○ CO & NMVOS o.b.v. (Anderson, Salo, & Fridell, 2015) ○ SO_x o.b.v. emissiefactor MDO met 95% reductie
N ₂ O en NH ₃	Voor alle brandstoffen zijn emissies gebaseerd op default waarden van (Klein J. , et al., 2016)
PM ₁₀ (verbranding)	– MDO o.b.v. gemiddelde van de emissiefactoren o.b.v. van (Klein J. , et al., 2016) – HFO o.b.v. emissiefactor van stookolie aangehouden en aangenomen dat 50% wordt verwijderd door scrubber.

Datum
26 juni 2019

Blad
6/8

	– HVO & GTL o.b.v. emissiefactor MDO met 25% reductie (o.b.v. (Aatola, Larmi, Sarjovaara, & Mikkonen, 2008)) – (Bio)-LNG o.b.v. emissiefactor MDO met 95% reductie
CH ₄	– MDO & HFO o.b.v. 4% van de VOS-emissies – HVO & GTL o.b.v. emissiefactor MDO met 20% reductie (o.b.v. (Aatola, Larmi, Sarjovaara, & Mikkonen, 2008)) – (Bio)-LNG o.b.v. metingen van (Anderson, Salo, & Fridell, 2015) en aanname dat 90% van de koolwaterstofemissies bestaat uit methaan
Metaalemissies	– MDO & HFO o.b.v. metingen RIVM van (Broekman, Gerlofs-Nijland, & Swart, 2008) (Mooij, Gerlofs-Nijland, & Swart, 2010) (Broekman, 2007) – Voor HFO is aangenomen dat 50% wordt verwijderd door scrubber. – HVO, GTL & (bio)-LNG: 100% reductie t.o.v. MDO
PAK en koolwaterstoffen	– MDO & HFO o.b.v. Klein, et al. (2016), waar voor HFO gebruik gemaakt is van emissiefactor voor stookolie – HVO & GTL o.b.v. emissiefactor MDO met 20% reductie o.b.v. (Aatola, Larmi, Sarjovaara, & Mikkonen, 2008) – (Bio)-LNG o.b.v. emissiefactor MDO met 95% reductie

Gebruik van schip

Het gebruik van het baggerschip is voor alle brandstoffen gelijk en wordt berekend per ton brandstof m.b.v. de volgende aannames:

- Levensduur van schip: 20 jaar
- Jaarlijks brandstofgebruik: 2812 ton
- Levensduur extra machines: 5 jaar
- Gewicht schip ~4000 ton

Alle metalen van het schip worden aan het eind van levensduur gerecycled. Voor de modellering van het schip is gebruik gemaakt van 1,78 E-5 piece van het Ecoinvent-proces "Transoceanic freight ship/p/OCE/I". Hier is wel een correctiefactor van het gewicht toegepast: 3900 ton in plaats van 7500 ton. De extra onderdelen zijn gemodelleerd m.b.v. 7,11 E-5 piece van het Ecoinvent-proces "Slurry tanker, production/kg/CH/I" met gewicht van 100 ton per vervangingsmoment.

In beide kaarten zijn nieuwe recycling processen voor aluminium, nikkel, koper, staal, RVS toegevoegd, omdat deze ontbraken. In rapportage staat uitgelegd hoe dit is gemodelleerd.

Gebruik van haven

Het gebruik en onderhoud van de haven is voor alle brandstoffen gelijk. Het gebruik van havenfaciliteiten is gemodelleerd d.m.v. het Ecoinvent-proces "Port

facilities / RER / U". De toerekening per ton brandstof van 5,08 E-9 piece is gebaseerd op het Ecoinvent-proces "transport, transoceanic freight", waar 1 tkm correspondeert met 0.0025 kg heavy fuel oil.

Datum
26 juni 2019

Blad
7/8

Bij het onderhoud aan haven wordt geen energiegebruik toegerekend aan baggerschepen omdat dit gerelateerd is voor overslag. Het gebruik is gemodelleerd m.b.v. het Ecoinvent-proces "Operation, maintainance, port/ RER / U". Dit proces is aangepast door het elektriciteit gebruik gelijk te stellen aan 0.

Gebruik van smeerolie

Het smeerolie verbruik wordt geschat tussen de 0,3 en 0,5 g/kWh. Voor alle brandstoffen (excl. HFO) is hiervan het gemiddelde genomen, dus 0,4 g/kWh. Het verbruik is voor de andere brandstoffen is met behulp van de energie-inhoud van de verschillende brandstoffen en brandstofverbruik van 0,19 kg MDO per kWh omgerekend naar het verbruik per ton brandstof. Voor HFO is waarde van 0,5 g/kWh aangehouden. De productie van smeerolie is gemodelleerd m.b.v. het Ecoinvent-proces: "Lubricating oil, at plant/ RER/ U".

Van de verbruikte smeerolie verdwijnt 10% als PM in de uitlaatgassen. Dit is opgenomen in de lijst van de emissies tijdens verbruiksfase. De andere 90% wordt opgevangen en bewaard, opgewerkt aan land en wordt ingezet als brandstof. De opwerking en verbranding van deze olie is niet meegenomen in de scheepsbrandstoffenstudie 2016.

Productie en emissies van koelmiddelen

Op schip wordt airconditioning gebruikt om binnenruimten te koelen. Hiervan wordt de productie en de emissies van het jaarlijkse gebruik gemodelleerd. Het gebruik is per jaar is gelijk aan het percentage dat ontsnapt. Dit is gelijk aan 30%, oftewel een emissie van 45 kg per jaar (=30% van 150kg). Het brandstofgebruik voor MDO is 2812 ton per jaar, dus dat komt neer op 0.016 kg emissie van "Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a" per ton MDO. De productie is gemodelleerd m.b.v. het Ecoinvent-proces: "Refrigerant R134a, at plant/RER U". In de rapportage is de emissie opgenomen in lijst van emissies tijdens verbruiksfase.

Referenties

- Aatola, H., Larmi, M., Sarjovaara, T., & Mikkonen, S. (2008). *Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NOx, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine*, SAE-paper 2008-01-2500. Helsinki: SAE.
- Anderson, M., Salo, K., & Fridell, E. (2015). Particle- and gaseous emissions from an LNG powered ship. *Environmental Science & Technology*, 12568-12575.

Broekman, M. (2007). *Luchtemissie van schadelijke stoffen bij zeeschepen*. Bilthoven: RIVM 609121002/2007.

Broekman, M., Gerlofs-Nijland, M., & Swart, D. (2008). *Metingen van de luchtemissie en de samenstelling van brandstoffen op zeeschepen*. Bilthoven: RIVM 609021075/2008.

JRC. (2014). *Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*.

Nikander, S. (2008). *Greenhouse gas and energy intensity of product chain: case transport biofuel*. Helsinki: Helsinki University of Technology.

Verbeek, R. (2014). *Beoordeling van verontreinigende emissies met Shell GTL Fuel bij middelzware en zware voertuigen, binnenvaartschepen en mobiele machines*. Delft: TNO R10588.