



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Naar een duurzame zee- en binnenvaart in 2050

Reductieopties en beleidsopties voor vermindering
van de CO₂-, SO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissies

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid | KiM



Inhoud

Samenvatting 5

1 Inleiding 8

- 1.1 Achtergrond 8
- 1.2 Aanleiding en onderzoeksvragen 9
- 1.3 Afbakening en aanpak 9

2 Reductieopties 11

- 2.1 Inleiding 11
- 2.2 Reductiedoelstellingen 12
- 2.3 Reductieopties in de zeevaart 13
- 2.4 Reductieopties in de binnenvaart 14
- 2.5 Potentieel effect van reductieopties 14
- 2.6 Onzekerheden bij het behalen van de reductieopties 20
- 2.7 Reductiepotentiëlen in relatie tot ambities 20

3 Beleidsopties 21

- 3.1 Inleiding 21
- 3.2 Emissiereductie en innovatie in de zee- en binnenvaart 21
- 3.3 Beleidsopties voor vermindering van energiegebruik per gevaren kilometer in de zee- en binnenvaart 22
- 3.4 Beleidsopties voor vermindering van emissies per eenheid gebruikte energie in de zee- en binnenvaart 25
- 3.5 Beleidsopties voor end-of-pipe oplossingen (voor NO_x, SO₂ en PM₁₀) in de zee- en binnenvaart 26
- 3.6 Beleidsopties voor alle reductieopties in de zee- en binnenvaart 26
- 3.7 Haalbaarheid en uitvoerbaarheid van beleidsopties 27

Summary: Toward sustainable sea and inland waterway shipping by 2050 33

Literatuur 36

Bijlagen 38

- Bijlage A. Het Business-as-Usual (BAU) scenario 38
- Bijlage B. Reductieopties in de zee- en binnenvaart 43
- Bijlage C. Kaders voor beleidsopties 47

Colofon 58



Samenvatting

Met operationele maatregelen en de toepassing van al bestaande technieken kunnen de emissies van CO₂, SO₂, NO_x en PM₁₀ in de zee- en binnenvaart tussen 2010 en 2050 drastisch worden teruggebracht. In de zeevaart kan de CO₂-emissie in deze periode met 45 % worden gereduceerd, vooral door langzaam te varen. De onzekerheid is echter groot. In de binnenvaart kan de CO₂-reductie tot 2050 65 % bedragen, vooral door brandstofbesparende technieken en het gebruik van LNG. De onzekerheid is minder groot dan in de zeevaart. Zowel in de zee- als binnenvaart kunnen de SO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissie voor 80-100 % worden gereduceerd via behandeling van de uitgestoten gassen ('end-of-pipe-oplossingen').

Reductieopties worden niet vanzelfsprekend geïmplementeerd. In veel gevallen is de markt aan zet om deze belemmeringen op te heffen. Als overheidsbemoedening nodig is, kan de overheid in haar regulerende rol gebruikmaken van instrumenten als emissieheffing, emissiehandel (inclusief een emissieplafond), fiscale maatregelen, subsidies en normering. Dit laatste zal bijna altijd op internationaal niveau gebeuren. In haar communicatieve rol kan de overheid voor betrouwbare informatie zorgen die zij onder de belanghebbende partijen verspreidt.

Emissiebepalende factoren

Het goedertransport over water zal de komende 40 jaar toenemen via zowel de zee- als de binnenvaart. Dit geldt met name voor het containertransport. Deze toename van het goedertransport draagt zowel bij aan de economische groei als aan negatieve effecten zoals luchtverontreiniging (emissies van SO₂, NO_x en PM₁₀) en uitstoot van broeikasgassen (vooral CO₂). De onderzoeksvraag die in deze publicatie centraal staat is:

Wat zijn de reductie- en beleidsopties voor de emissies van CO₂, SO₂, NO_x en PM₁₀ om tot een duurzame zee- en binnenvaart te komen in 2050?

Net als de emissies voor andere modaliteiten zijn die voor de zee- en binnenvaart het gevolg van drie of vier factoren. De emissie van CO₂ is het product van de drie factoren volume (aantal gevaren kilometers), efficiëntie van het schip (hoeveelheid energie per transporteenheid of MJ/km) en de CO₂-intensiteit van de brandstof (in CO₂/MJ). Voor de emissie van luchtverontreinigende stoffen komt daar nog een vierde factor bij: de zogeheten end-of-pipe oplossingen, verwijdering via filtering uit de uitlaatgassen. Voor de zee- en binnenvaart lijkt de factor volume weinig reductiepotentie te hebben. Het smelten van poolijs leidt weliswaar tot een kortere noordelijk route tussen Azië en Europa, maar dit effect is moeilijk te kwantificeren. Daarnaast zijn er nauwelijks alternatieven voor de zee- en binnenvaart, onder andere omdat niet al het transport alleen over land kan verlopen. De beladingsgraden in de zee- en binnenvaart zouden hoger kunnen. Via de Topsector Logistiek komen er ook initiatieven in die richting, maar de beladingsgraden zijn de afgelopen jaren eerder gedaald dan gestegen. Het ligt daarom niet voor de hand dat beladingsgraden zullen stijgen en dat het aantal vaarkilometers als gevolg hiervan zullen dalen. De factor vaarkilometers blijft daarom in deze publicatie buiten beschouwing.

In figuur S1 is de emissie van respectievelijk CO₂ en SO₂/NO_x/PM₁₀ is schematisch weergegeven.

Figuur S1 Formules voor het berekenen van de emissie van CO₂ en SO₂, NO_x en PM₁₀



Een stijging van emissies

Het Business-as-Usual (BAU) scenario gaat uit van de ontwikkeling zonder extra beleidsmaatregelen, maar houdt rekening met autonome ontwikkelingen. In dat scenario stijgt de CO₂-emissie in de zeevaart tot 2050 met 26% ten opzichte van 2010. Dat betekent 0,6% per jaar. De emissies van NO_x en PM₁₀ stijgen tot 2050 met respectievelijk 40% en 82%. Door bestaand beleid daalt de SO₂-emissie (op het Nederlands Continentaal Plat met 70%). De stijging in de zeevaartermisies komt vooral voor rekening van het toegenomen containertransport.

Zonder extra beleidsmaatregelen en rekening houdend met autonome ontwikkelingen stijgt de CO₂-emissie in de binnenvaart tot 2050 met 110% ten opzichte van 2010. Dat is een jaarlijkse stijging met 1,9%. Deze stijging is hoger dan die in de zeevaart omdat de toename van het containertransport in de binnenvaart hoger ligt dan die in de zeevaart. Ook krijgt de binnenvaart een groter aandeel in het achterlandtransport. De emissies van NO_x en PM₁₀ stijgen tot 2050 met 110% ten opzichte van 2010. Als gevolg van bestaand beleid is de SO₂-emissie al zoveel gedaald, dat verdere reductie nauwelijks mogelijk is. We gaan daarom niet in op de SO₂-emissie van de binnenvaart.

Opties voor emissiereductie

Een groot deel van de CO₂-reductie in de zeevaart is realiseerbaar met operationele maatregelen, dus maatregelen die het varen zelf betreffen. In 2016 is een reductie van 24% mogelijk. Hierbij is langzamer varen de belangrijkste operationele maatregel. De onzekerheid over dit potentieel is wel groot. Toepassing van energiebesparende maatregelen zoals verbeteringen aan motor, romp en schroef en alternatieve energiebronnen zoals Liquefied Natural Gas (LNG) leidt in 2050 nog tot een extra CO₂-reductie van 33%. Dat betekent dat de totale CO₂-reductie in de zeevaart in 2050 ten opzichte van 2010 45% kan bedragen. De zeevaartermisies van NO_x, SO₂ en PM₁₀ lift voor een deel mee met de energiebesparende maatregelen die leiden tot CO₂-reductie, namelijk 32% voor NO_x, 28% voor SO₂ en 30% voor PM₁₀. Toch komt de grootste emissiereductie van end-of-pipe technologieën zoals waterinjectie en chemische reductietechnieken. Reductie van de NO_x-emissie met 99%, van SO₂ met 90% en van PM₁₀ met 94% is mogelijk. De onzekerheidsmarges van het reductiepotentieel van deze technieken zijn veel kleiner dan voor die voor CO₂-reductie.

In de binnenvaart is in 2050 een CO₂-reductie van 65% mogelijk. Anders dan in de zeevaart speelt langzaam varen in de binnenvaart een kleinere rol. Brandstofbesparende technieken en gebruik van LNG als brandstof hebben een grotere en zekerder potentie dan in de zeevaart. Voorwaarde bij gebruik van LNG is wel dat de hoeveelheid vrijkomend methaanslip wordt verminderd, anders is de CO₂-reductie minimaal. Net als in de zeevaart kunnen de NO_x en PM₁₀ emissies in de binnenvaart met end-of pipe technieken sterk worden teruggebracht: respectievelijk 84% en 100%.

Vergelijken we de maximale reductiepotentiëlen met de internationaal geformuleerde ambities, dan zijn de SO₂-, NO_x- en PM₁₀-ambities haalbaar, vooral door toepassing van end-of-pipe technieken. Voor de CO₂-emissie is de onzekerheid over het behalen van de ambities groter.

Implementatie van emissiereductie-opties

In principe is het aan de zee- en binnenvaart zelf om technieken en maatregelen voor verduurzaming van de sector te implementeren, zoals een hogere organisatiegraad of verbeterde logistieke efficiëntie. Dat gebeurt nog lang niet altijd. Dat kan komen doordat belemmeringen succesvolle implementatie tegenhouden. We kunnen deze belemmeringen onderverdelen in marktperfecties, technische en juridische belemmeringen en overige belemmeringen.

In een aantal gevallen kan de overheid deze belemmeringen verminderen of wegnemen. Hiertoe heeft de overheid beleidsopties tot haar beschikking; mogelijkheden en bijbehorende instrumenten die de Nederlandse overheid kan inzetten om de zee- en binnenvaart te verduurzamen. Deze beleidsopties kan Nederland maar zeer beperkt zelfstandig uitvoeren. Gezien het internationale karakter van de sector en de wens om een gelijk internationaal speelveld te creëren zullen de meeste besluiten over de zee- en binnenvaart internationaal genomen moeten worden.

Belemmeringen en mogelijkheden voor de overheid

De beleidsopties die de belemmeringen kunnen opheffen zijn onder te verdelen in opties die de verspreiding van emissiereducerende technieken stimuleren en opties die innovatie bevorderen. De indruk bestaat dat vooral de verspreiding van emissiereducerende technieken en niet innovatie het grote probleem is in de zee- en binnenvaart. Daarom beperken we ons tot de beleidsopties die belemmeringen voor de emissie-reductie opheffen.

De belangrijkste marktperfectie die voor alle factoren uit figuur S1 geldt, is de 'milieu-externaliteit': emissies zijn niet geprijsd. Overheidsinstrumenten zoals emissieheffing, emissiehandel, normering en convenanten kunnen deze belemmering opheffen. Daarnaast is 'informatiescheefheid' een belemmering, op te heffen met informatieverstrekking. Risico-aversie en terughoudendheid bij scheepseigenaren, scheepsbouwers en reders speelt ook een rol. Tenslotte is er sprake van een 'split incentive': de baten van investeringen liggen niet bij dezelfde partij als de kosten. Financiële maatregelen zoals het opnemen van de brandstofkosten in de tarieven kunnen de baten rechtvaardiger verdelen en zo een oplossing bieden. Technische belemmeringen spelen vooral een rol voorzover ze de beladingsruimte verkleinen. Juridische belemmeringen bestaan onder andere uit internationale regelgeving. Aanpassing van internationale verdragen zou een oplossing kunnen bieden. Dat geldt ook voor het overeenkomen van internationale veiligheidsstandaarden; het ontbreken ervan belemmert bijvoorbeeld de aanleg van infrastructuur voor de brandstof LNG. Anderzijds bestaan er misschien voor andere onderwerpen juist redenen om internationale regelgeving niet te wijzigen.

Onder 'overige belemmeringen' vallen diverse aspecten, zoals het ontbreken van incentives (de sector heeft bijvoorbeeld geen direct voordeel bij de toepassing van end-of-pipe technieken), hoge netto kosten, het ontbreken van investeringsruimte, de impact van de crisis, onzekere brandstofprijzen, de lange levensduur van schepen, geringe beschikbaarheid en hoge kosten van alternatieve energiebronnen zoals wind- en zonne-energie en alternatieve brandstoffen zoals LNG en biobrandstoffen.

In de binnenvaart gaat het daarnaast om de aard van de binnenvaartmarkt. Deze bestaat uit veel kleine, behoudende bedrijven die zich vanwege concurrentie richten op kortetermijnrendement.

De overheid kan via financiële maatregelen zoals stimulering van end-of-pipe technieken en via convenanten om de binnenvaart beter te laten samenwerken de genoemde belemmeringen helpen opheffen.

1

Inleiding

1.1 Achtergrond

Het goedertransport over water zal zowel via de zee als via de binnenwateren in ieder geval de komende 40 jaar toenemen (CE Delft 2013). Dit geldt met name voor het containertransport. Deze toename van het goedertransport draagt zowel bij aan de economische groei als aan negatieve effecten zoals emissies van SO_2 , NO_x en PM_{10} en de uitstoot van broeikasgassen zoals CO_2 .

De bijdrage van de zeevaart aan deze emissies is groter dan die van de binnenvaart. Zo bedroeg het aandeel van de zeevaart aan de mondiale uitstoot van CO_2 in 2007 2,7 %, die van de binnenvaart minder dan 0,6% (IMO, 2009). Maar omdat de luchtverontreinigende stoffen SO_2 , NO_x en PM_{10} een regionaal effect hebben, zijn dergelijke mondiale emissiecijfers in dit geval weinig relevant.

Op het Nederlands deel van het Continentaal Plat vond 80% van de zeevaartemissies plaats. Daarvan uitgaande bedroeg het aandeel van de zeevaart in de totale Nederlandse CO_2 -emissie in 2011 2,5%, van SO_2 51%, van NO_x 26% en van PM_{10} 17% (CBS, 2011). Voor de binnenvaart bedroegen de emissiepercentages van CO_2 1,0%, van SO_2 2,7%, van NO_x 8,6% en van PM_{10} 3,3%.

Emissies van alle modaliteiten zijn het gevolg van drie of vier factoren. De CO_2 -emissie is het product van (1) het volume, (2) de efficiëntie van het transportmiddel en (3) de CO_2 -intensiteit van de brandstof. Voor de emissie van luchtverontreinigende stoffen komt daar nog de vierde factor bij: de end-of-pipe-oplossing verwijdering via filtering uit de uitlaatgassen.

In figuur 1.1. is de emissie van respectievelijk CO_2 en $SO_2/NO_x/PM_{10}$ in formulevorm weergegeven.

Figuur 1.1 Formules voor het berekenen van de emissie van CO_2 en SO_2 , NO_x en PM_{10}



1.2 Aanleiding en onderzoeksvragen

Net als andere sectoren moet ook het Nederlands verkeers- en vervoerssysteem zijn steentje bijdrage aan internationale afspraken om de uitstoot van zowel broeikasgassen als van luchtverontreinigende stoffen te verminderen. Dat geldt dus ook voor de zee- en binnenvaart. De Directe Maritieme Zaken van het Directoraat-Generaal Bereikbaarheid van het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) gevraagd onderzoek te doen naar reductiemogelijkheden voor emissies door de zee- en binnenvaart in de periode 2010- 2050.

De vraag die in het KiM-onderzoek gesteld wordt, luidt:

Wat zijn de reductieopties en beleidsopties voor de emissies van CO₂, SO₂, NO_x en PM₁₀ om tot een duurzame zee- en binnenvaart in 2050 te komen?

Om deze vraag te beantwoorden onderzoekt het KiM:

- met welke technische oplossingen emissies kunnen worden verminderd;
- wat de effecten van deze oplossingen zijn;
- welke belemmeringen implementatie van deze oplossingen in de weg kunnen staan;
- met welke beleidsopties deze belemmeringen te verhelpen zijn.

Hiermee beantwoordt het KiM dezelfde vraag en volgt het dezelfde onderzoeksmethodiek als het gedaan heeft voor het wegverkeer (KiM 2011, KiM 2013b) en de luchtvaart (KiM, 2013a).

1.3 Afbakening en aanpak

Deze publicatie gaat over een duurzame zee- en binnenvaart in 2050. Met duurzaamheid bedoelen we in dit rapport emissiereductie van het broeikasgas CO₂ (en niet methaan (CH₄)) en van de emissies van de luchtverontreinigende stoffen SO₂, NO_x en PM₁₀. Geluidsemissies blijven buiten beschouwing omdat deze in de zee- en binnenvaart nauwelijks tot negatieve effecten leiden.

Met de zee- en binnenvaart bedoelen we in dit rapport schepen die goederen van (binnen)haven A naar (binnen)haven B vervoeren. De activiteiten in (binnen)havens zelf, zoals overslag, worden niet meegeteld omdat deze maar een gering aandeel in de totale emissie hebben. De brandstofconsumptie in havens varieert afhankelijk van het scheepstype van 2-9% van die op zee (Endresen et al., 2003). Het haven-industrieel complex valt buiten de mobiliteitssector en valt daarom buiten de scope van het onderzoek. Ook effecten van infrastructurele veranderingen zoals de aanleg van vaarwegen blijven buiten beschouwing. Tenslotte gaan we ook niet in op emissiereducties die realiseerbaar zijn als gevolg van modaliteitsverschuiving. Zo zouden vermeden vrachtwagenkilometers als winst voor de binnenvaart kunnen worden ingeboekt, maar dit laten we buiten beschouwing. Emissies tijdens de productie en sloop van schepen vallen ook buiten de scope van dit onderzoek.

Het doel is om een overzicht te geven van de relaties tussen mogelijke emissiereductie-opties, belemmeringen bij de implementatie van deze opties en de beleidsopties die de overheid tot haar beschikking heeft om deze belemmeringen te verminderen. Het gaat vooral om een overzicht van deze relaties, zonder specifieke reductieopties, belemmeringen en beleidsopties in detail uit te werken. Een dergelijke uitwerking, bijvoorbeeld wat betreft kosten of administratieve lasten, vergt meer gegevens. Dergelijke uitwerkingen zouden beter passen in vervolgonderzoeken. Een voorbeeld van zo'n meer gedetailleerde uitwerking zijn de 'market based measures' in de zeevaart in het KiM-rapport (KiM 2013c) of specifiek voor scheepvaartbrandstoffen het deelrapport Brandstofafel Scheepvaart uit de Visie Duurzame Brandstoffenmix (IenM 2014).

We hebben bij de reductieopties alleen die opties meegenomen die naar verwachting een reductiepotentieel van minimaal 2% bieden ten opzichte van de referentiesituatie in 2010. De opgegeven reductiepotentiëlen zijn niet bedoeld voor exacte interpretatie, omdat de onzekerheid in de tijd richting 2050 toeneemt.

Het onderzoek naar reductieopties, reductiepotentiëlen en de belemmeringen die implementatie van deze opties in de weg staan (de eerste drie thema's uit paragraaf 1.2) is op verzoek van het KiM uitgevoerd door CE Delft in samenwerking met het Maritiem Instituut in Nederland (MARIN) (CE Delft 2013). Het onderzoek naar het vierde thema, beleidsopties, heeft het KiM zelf uitgevoerd. Deze beleidsopties zijn niet onderzocht op hun kosten en baten. Onderdelen uit het CE Delft-rapport zijn samengevat in de hoofdtekst en enkele bijlagen.

2

Reductieopties

2.1 Inleiding

Reductieopties zijn oplossingen waarmee emissies kunnen worden beperkt. Deze zijn vooral technisch van aard (de factoren MJ/km, CO₂/MJ en filtering uit fig 1.1), maar kunnen ook niet-technisch zijn (de factor km in fig 1.1).

Het terugdringen van de emissies in de zee- en binnenvaart via de niet-technische optie reductie van het aantal gevaren kilometers lijkt een geringe potentie te hebben. De maritieme transportafstanden zijn vooral een functie van de geografische productiepatronen en de beschikbare zeeroutes. De afgelopen 20 jaar blijkt de gemiddelde afstand die zeeschepen afleggen stabiel (CE Delft 2013). Door het smelten van de ijskappen ontstaat wel de mogelijkheid de noordelijke route te gebruiken en zo de afstand tussen Azië en Europa te bekorten, maar dat is met name in de zomer en geldt alleen voor Deep Sea Shipping (DSS). Omdat de onzekerheid over deze optie groot is, valt het mogelijke effect op emissies moeilijk te kwantificeren. De grootte van het transportvolume, de af te leggen afstanden en het feit dat transport over land niet altijd mogelijk is, maken dat andere modaliteiten geen alternatief vormen voor reductie van het aantal vaarkilometers. Weliswaar kan de beladingsgraad in de zee- en binnenvaart theoretisch omhoog, maar die in de binnenvaart nam af van 54 % in 1994 tot 51% in 2009 (eigen gegevens KiM). Hierdoor ligt het niet voor de hand dat beladingsgraden zullen stijgen en dat het aantal vaarkilometers als gevolg van een hogere beladingsgraad zal dalen. Het samenwerkingsverband van overheid, logistieke marktpartijen, havenbedrijven en vervoerders, de Topsector Logistiek neemt initiatieven om de beladingsgraad in de logistieke sector in het algemeen te verhogen. Initiatieven als NextLogic, NLIP, Cross Chain Control Centers kunnen ook effect hebben op de zee- en binnenvaart, maar het bijbehorende reductiepotentieel is moeilijk te kwantificeren. Tenslotte zal verhoging van de brandstofprijzen geringe gevolgen hebben voor de vraaguitval, omdat er nauwelijks alternatieven voor de scheepvaart zijn. In de literatuur over mogelijke emissiereducties voor schepen blijven opties die leiden tot minder vaarkilometers vrijwel onvermeld (EEA 2013, JRC 2010, DNV 2010) of blijven ze buiten beschouwing (CCR 2012). Dit betekent dat we verder in dit rapport ingaan op de technieken die invloed hebben op de reductie van de hoeveelheid energie per transporteenheid (MJ/km), op de reductie van de hoeveelheid emissie per eenheid energie (CO₂/MJ) en de end-of-pipe oplossingen plus bijbehorende reductiepotentiëlen. Adviesbureau CE-Delft heeft de analyse van de reductieopties en de reductiepotentiëlen in opdracht van het KiM uitgevoerd.

In dit hoofdstuk gaan we achtereenvolgens in op reductiedoelstellingen, reductieopties en reductiepotentiëlen die met de opties in 2050 behaald kunnen worden. Ook behandelen we de onzekerheden in de reductiepotentiëlen en bekijken we of met de reductiepotentiëlen de doelstellingen haalbaar zijn. Zie voor meer gedetailleerde informatie over de maximale reductiepercentages die met diverse technieken haalbaar zijn bijlage B.

2.2 Reductiedoelstellingen

Verschillende partijen in de zee- en binnenvaartsector tonen ambities richting emissiereductie. In deze paragraaf gaan we op deze ambities en koppelen we die aan de verwachte ontwikkelingen in de emissies zoals weergegeven in de business-as-usual (BAU) scenario's. In paragraaf 3.7 onderzoeken we of de ambities met de reductiepotentiëlen haalbaar zijn.

Zeevaart

De VN-organisatie voor de zeevaart, de International Maritime Organization (IMO) heeft voor de zeevaart nog geen doelstellingen voor CO₂-reductie geformuleerd, wel voor SO₂ en NO_x. Voor SO₂ en NO_x wordt onderscheid gemaakt in reducties binnen en buiten zogenaamde Emission Control Areas (ECAs). Er zijn inmiddels 4 ECA's bekend: de Oostzee, Noordzee en Kanaal, de Noord-Amerikaanse kuststrook en vanaf 2014 het Amerikaanse deel van de Caribische zee. In deze ECAs gelden (nog) niet voor alle emissies emissienormen. Zo geldt de Noordzee ECA alleen voor SO₂. Zowel buiten als binnen de ECAs worden de normen in de loop van de tijd steeds verder aangescherpt, maar binnen een ECA gelden altijd strengere eisen. Zo wordt het gehalte SO₂ buiten een ECA op basis van het brandstofgewicht aangescherpt van 4,5% voor 2012 naar 3,5% na 2012 en 0,50 % na 2020, binnen de ECAs zijn deze percentages respectievelijk 1,50% voor juli 2010, 1,00% na juli 2010 en 0,10% per 2015. Voor de NO_x-reductie worden de normen aangescherpt op basis van de constructiedatum van het schip (na 2000, na 2011 en na 2016) en het toerental van scheepsmotoren (aangegeven in Regulation 13 van IMO MARPOL Annex VI).

De IMO heeft bovendien belangrijke indicatoren voor emissiereductie van CO₂ ontwikkeld: de Energy Efficiency Design Index (EEDI) waar nieuwe schepen aan moeten voldoen en de Ship Energy efficiency Plan (SEEMP). De EEDI is een standaard voor brandstofefficiëntie en geeft aan dat schepen in 2015 10% efficiënter moeten zijn dan vergelijkbare schepen uit de periode 1999-2009. In 2020 moet dat 20% beter zijn en vanaf 2025 30%. De SEEMP richt zich op een groter bewustzijn bij het scheepspersoneel om zuiniger met brandstof om te gaan en zou in 2030 moeten leiden tot een CO₂-reductie van 10%.

De Europese Commissie heeft in het Witboek Transport (EC, 2011) aangegeven te streven naar een algemene CO₂-reductie in de verkeers- en vervoerssector van 60% in 2050 ten opzichte van 1990. De totale CO₂-uitstoot door de zeevaart moet (indien haalbaar) tegen 2050 met 40% worden verminderd ten opzichte van 2005, ondanks de verwachte groei. Het Witboek bevat geen ambities voor de emissies van SO₂, NO_x en PM₁₀.

Voor de binnenvaart heeft de EU normen voor motoren vastgesteld voor de emissie van CO, NO_x en PM₁₀ en niet voor CO₂ (EU-richtlijn 2004/26/EC).

Op nationaal niveau zijn in de Greenddeal LNG Rijn en Wadden afspraken gemaakt over de introductie van LNG als transportbrandstof voor de binnenvaart, zeevaart, visserij en vrachtwagens. De Nederlandse reders hebben zich ten doel gesteld de CO₂-emissie in 2050 met 50% te reduceren ten opzichte van 2020 (KNVR 2013).

Business-as-usual scenario

Zonder extra maatregelen en rekening houdend met autonome ontwikkelingen (het Business-as-usual (BAU) scenario) stijgt de CO₂-emissie in de zeevaart tot 2050 met 26% ten opzichte van 2010 ofwel jaarlijks 0,6%. De emissies van NO_x en PM₁₀ stijgen tot 2050 met respectievelijk 40% en 82%. Als gevolg van bestaand beleid daalt de SO₂-emissie op het Nederlands Continentaal Plat met 70%. De stijging in de zeevaartemissies komt vooral voor rekening van het toegenomen containertransport. (Zie voor een nadere toelichting op het BAU-zeevaart bijlage A.)

Binnenvaart

Voor de binnenvaart heeft de EU in haar "Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050" aangegeven dat de CO₂-emissie in 2030 maximaal gelijk mag zijn aan die in 1990. Vooral efficiëntieverbeteringen moeten dat waarborgen (EC 2011).

De Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) landen streven wel naar een reductie van zowel de CO₂-emissie als de emissies van NO_x en PM₁₀. De SO₂-emissie is al heel laag, maar deze reductie is niet gekwantificeerd.

Business-as-Usual scenario

Zonder extra maatregelen en rekening houdend met autonome ontwikkelingen stijgt de CO₂-emissie in de binnenvaart tot 2050 met 110% ten opzichte van 2010 ofwel jaarlijks 1,9%. Deze stijging is groter dan in de zeevaart, omdat de toename van het containertransport in de binnenvaart groter is dan in de zeevaart en omdat de binnenvaart een groter aandeel krijgt in het achterlandtransport. De emissies van NO_x en PM₁₀ stijgen tot 2050 met 110 % ten opzichte van 2010. Als gevolg van reeds bestaand beleid is de SO₂-emissie al zoveel gedaald dat verdere reductie nauwelijks mogelijk is. We gaan daarom niet in op de SO₂-emissie van de binnenvaart. (Voor een nadere toelichting op het BAU-binnenvaart zie bijlage A.)

2.3 Reductieopties in de zeevaart

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid energie per transporteenheid.

De belangrijkste reductieoptie bestaat uit een operationele maatregel, namelijk langzamer varen. De kosten en baten van deze maatregel hangen af van de snelheidsreductie en de brandstofprijs (CE Delft 2012). Afhankelijk van de snelheidsreductie is een brandstofreductie van maximaal 40% mogelijk. Langzamer varen leidt direct tot een lagere CO₂- en SO₂- reductie, maar de relatie met NO_x en PM 10 emissies is complexer. Bij lage snelheden neemt de NO_x- en PM₁₀-emissie toe. Over de toename van NO_x-emissie is inmiddels veel bekend, over die van PM₁₀-emissie minder. Beide emissies zijn niet in enkele cijfers te kwantificeren omdat die onder andere afhankelijk zijn van het motortype (Faber et al, 2012)

Voor CO₂ betreffen reductieopties vooral verbeteringen aan de motor (maximaal 20%), gevolgd door verbeteringen in de romp-schroef interactie (maximaal 14%) en aan het rompoppervlak (maximaal 12%).

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid emissie per eenheid energie.

Voor CO₂-reductie gaat het om het inzetten van windenergie (maximaal 30%) en het gebruik van Liquefied Natural Gas (LNG) als brandstof (maximaal 25 %). Voor NO_x-reductie gaat het om nieuwe waterinjectie-technologieën. Injectie van waterdamp verlaagt de verbrandingstemperatuur en voorkomt daardoor NO_x-vorming. Voor de reductie van PM₁₀ en SO₂ gaat het om gebruik van LNG. Daarmee kan weliswaar niet de maximale NO_x-reductie van 80% behaald worden zoals bij waterinjectie, maar wel een substantiële reductie (60%).

Toepassing van LNG heeft ook nadelen. Voor dezelfde hoeveelheid energie als de huidige brandstof is een drie keer zo groot volume nodig. Dat maakt ombouw van bestaande schepen moeilijker en zorgt ervoor dat nieuwe schepen transportcapaciteit moeten inleveren. Daarnaast komt bij verbranding van LNG methaan vrij, dat een 25 keer sterker broeikasgaseffect heeft dan CO₂. In deze publicatie is ervan uitgegaan dat het negatieve effect van methaan kan worden teruggebracht. Mocht dit niet zo zijn, dan is het effect van LNG op de reductie van broeikasgassen minimaal (Verbeek et al 2013). Dit betekent dat de CO₂-effecten met ongeveer 10% worden overschat (Lowell et al 2013).

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid emissie door end- of- pipe technologieën.

Deze opties leiden tot een reductie in de hoeveelheid emissie, SO₂, NO_x en PM₁₀. Het gebruik van scrubbers, die SO₂ en PM₁₀ uit de uitlaat van schepen filteren, kan de PM₁₀ en SO₂ emissie met 80-95% reduceren. Bij selectieve katalytische reductie (SCR) reageert ureum of ammonia na injectie in de uitgestoten gassen met NO_x, waarna water en stikstof ontstaat. Met SCR is de NO_x-emissie in principe bijna tot nul te reduceren, al geldt dat niet bij langzamer varen.

2.4 Reductieopties in de binnenvaart

De meeste reductieopties in de zeevaart zijn ook toepasbaar in de binnenvaart. Verschillen zijn er ook: doordat binnenvaartschepen al langzaam varen, heeft deze optie minder potentieel dan in de zeevaart. In combinatie met reisoptimalisatie kan langzamer varen tot een CO₂-reductie van 5-10% leiden.

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid energie per transporteenheid.

Van alle opties die een reductie van de hoeveelheid energie per transporteenheid opleveren, biedt omzetting van niet gebruikte motorwarmte in stoom de hoogste CO₂-reductie (25%). De opgewekte stoom wordt vervolgens gebruikt om de schroef te laten draaien. Dit is lange tijd alleen een optie geweest voor de zeevaart, maar technische vooruitgang maakt deze techniek in de toekomst ook geschikt voor de binnenvaart.

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid emissie per eenheid energie.

Net als bij de zeevaart leidt de overstap naar LNG tot de hoogste emissiereductie, namelijk van zowel CO₂ (20-25%) als NO_x (97%) en PM₁₀ (90-100%). Voor de toepassing van LNG in de binnenvaart geldt hetzelfde als voor de zeevaart.

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid emissie door end-of-pipe technologieën.

Er zijn geen grote verschillen in de toepassing van end-of-pipe technologieën voor de zee- en binnenvaart. Voor de binnenvaart leiden filters tot een reductie van PM₁₀-emissie met 95% en katalyse-technieken tot een NO_x-reductie van 80%.

2.5 Potentieel effect van reductieopties

In deze paragraaf geven we de mogelijke maximale reductiepotentiëlen van de CO₂-, NO_x-, SO₂- en PM₁₀-emissies in de zeevaart en die van de CO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissies in de binnenvaart. In de figuren in deze paragraaf is op de x-as de tijd vanaf 2010 tot 2050 weergegeven. Op de y-as staat de emissie, geïndexeerd op 2010. De onder- en bovengrens (upper en lower bound) geven de marges van de minimale en maximale reductie ten opzichte van de gemiddelde reductie (average abatement) aan. De marges zijn ontleend aan CE Delft 2013.

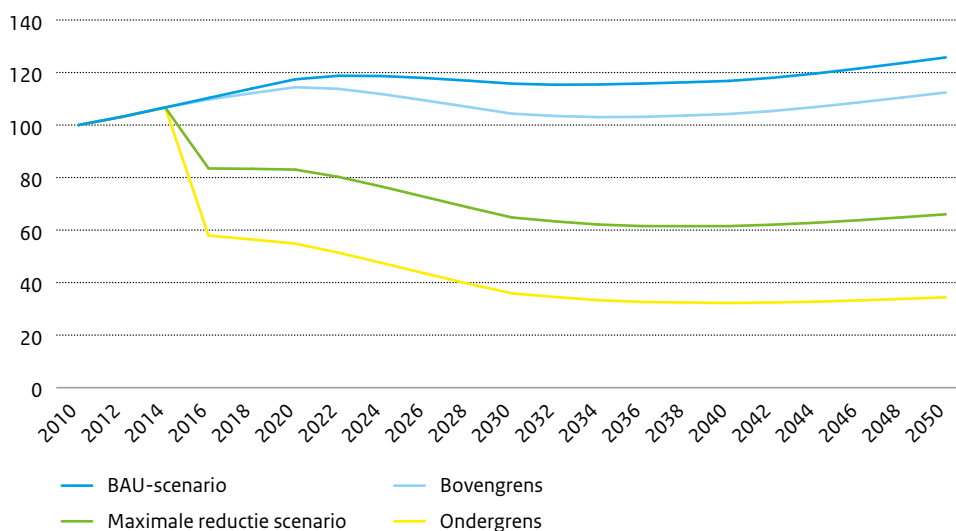
De reductiepotentiëlen worden afgezet tegen een referentie situatie, het BAU-scenario, zie ook bijlage A. De maximale reductiepotentiëlen worden berekend aan de hand van de potentiëlen van elke reductie-optie, rekening houdend met eventuele complementariteit en overlap, met toepassing op alleen nieuwe of ook bestaande schepen en met de implementatiegraad in de vloot.

Reductiepotentiëlen in de zeevaart.

CO₂-reductie

Een groot deel van de CO₂-reductie in de zeevaart kan gerealiseerd worden met operationele maatregelen: in 2016 is een reductie van 24% mogelijk. Hiervan is langzamer varen de belangrijkste operationele maatregel: gemiddeld 19% bij een bandbreedte tussen 0 en 40%. Langzamer varen heeft wel als nadeel dat bij deellast de emissies van NO_x en PM₁₀ kunnen toenemen (Faber et al, 2012). Toepassing van energiebesparende maatregelen en alternatieve energiebronnen leidt in 2050 nog tot een extra 33% CO₂-reductie. Dat betekent dat de totale CO₂-reductie in de zeevaart in 2050 45% ten opzichte van BAU kan bedragen. De marge is groot: 11%-73%, vooral veroorzaakt door de onzekerheid over het effect van langzamer varen. Van de totale CO₂-reductie in 2050 dragen langzamer varen (uitgaande van een gemiddelde van 19%), alternatieve energiebronnen en energiebesparende maatregelen elk gemiddeld ongeveer evenveel bij. In Figuur 1 is de CO₂-emissie in de zeevaart weergegeven.

Figuur 2.1 CO₂-reductie in de zeevaart in de periode 2010-2050 (2010=100).



Uitgesplitst naar type schepen (containertransport, natte en droge bulk) blijkt dat de stijging van de CO₂-emissie na 2035 wordt veroorzaakt door de stijging in het containertransport. De verschillen tussen de scheepstypen zijn kleiner dan de onzekerheidsmarges.

Uitgesplitst naar route, deep sea shipping (DSS) en short sea shipping (SSS), zien we nauwelijks verschillen tussen beide routetypen.

In tabel 2.1 staan de CO₂-reductiepotentiëlen van een groot aantal reductieopties samengevat in drie categorieën: langzamer varen, alternatieve energiebronnen en brandstofbesparing voor de zeevaart. Voor meer gedetailleerde informatie over de aandelen van de afzonderlijke technieken zie CE Delft 2013.

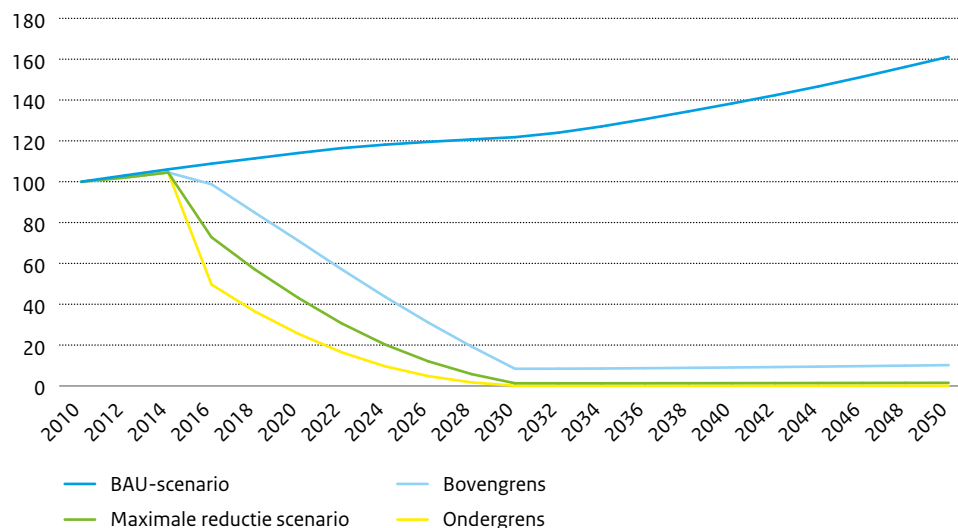
Tabel 2.1 CO₂-reductiepotentiëlen in de zeevaart.

	Slow steaming	Alternative energy	Fuel savings
2016	19% (0-40%)	1% (0-2%)	5% (1-11%)
2020	19% (0-40%)	8% (3-12%)	8% (1-15%)
2030	19% (0-40%)	18% (6-30%)	15% (4-26%)
2050	19% (0-40%)	19% (6-32%)	20% (5-33%)

NO_x-reductie

De emissies van NO_x, SO₂ en PM₁₀ liften deels mee met energiebesparende maatregelen die leiden tot CO₂-reductie. Toch wordt de grootste reductie van deze emissie gerealiseerd met end-of-pipe technologieën. De onzekerheidsmarges voor het reductiepotentieel van deze technieken zijn veel kleiner dan voor die voor CO₂-reductie. SCR leidt tot 60% NO_x-reductie en Direct Water Injection (DWI) tot 95% NO_x-reductie. Samen zorgen ze onder ideale omstandigheden, dus niet bij lage temperaturen of bij vollast, voor 99% NO_x-reductie. Beide technieken zijn commercieel beschikbaar, maar worden nog niet breed toegepast. Langzamer varen leidt vooral op korte termijn tot NO_x-reductie (32%), maar heeft op de lange termijn ten opzichte van SCR en DWI weinig effect. Uitsplitsing naar type lading of route laat weinig variatie zien.

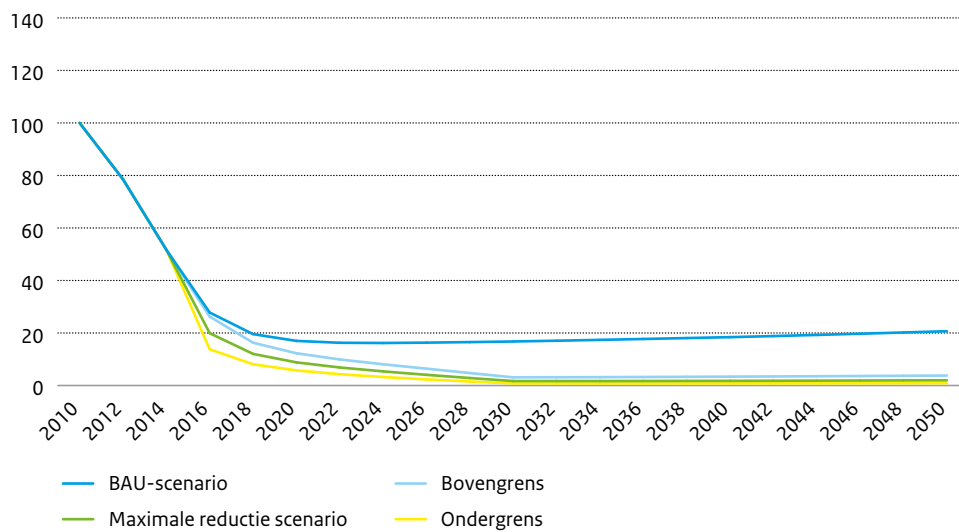
Figuur 2.2 NO_x-reductie in de zeevaart in de periode 2010-2050 (2010=100).



SO₂-reductie

Scrubbers zijn toepasbaar op alle scheepstypen en kunnen de SO₂-emissie in 2050 met 82% reduceren. Brandstofbesparende maatregelen kunnen nog eens voor een extra reductie van 8% zorgen. Bijkomend voordeel van scrubbers is dat ze ook de PM₁₀-emissie reduceren. Nadeel is dat scrubbers nog weinig zijn geïmplementeerd.

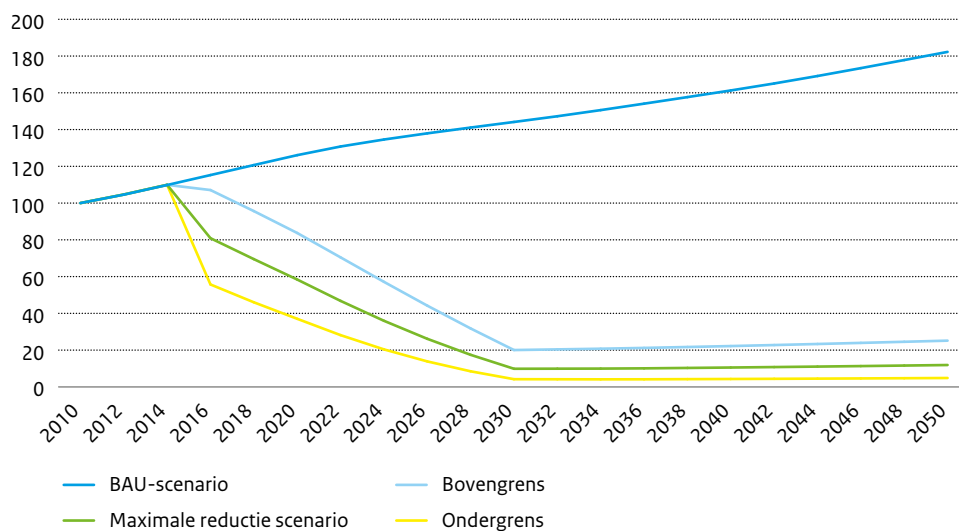
Figuur 2.3 SO₂-reductie in de zeevaart in de periode 2010-2050 (2010=100).



PM₁₀-reductie

Technieken als SCR en scrubbers zorgen voor een reductie in de NO_x- en SO₂-emissie. Energiebesparende maatregelen als langzamer varen en het gebruik van biobrandstoffen zou tot een reductie van de PM₁₀-emissie kunnen leiden. In 2050 kan een PM₁₀-reductie van 94% gerealiseerd worden.

Figuur 2.4 PM₁₀-reductie in de zeevaart in de periode 2010-2050 (2010=100).

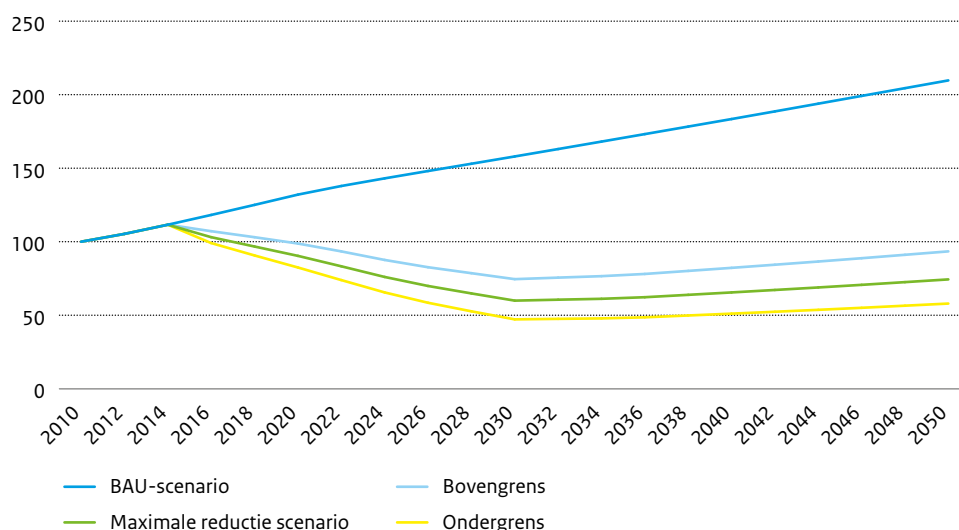


Reductiepotentiëlen in de binnenvaart¹

CO₂-reductie

Een operationele maatregel als efficiëntere routes levert voor de zeevaart meer op dan voor de binnenvaart. Samen met aanpassing van de vaarsnelheid kan deze maatregel direct in de binnenvaart 13% CO₂-besparing opleveren. Met nieuwe schepen en nieuwe technologieën (zie bijlage B) kan in 2050 een CO₂-reductie van 65% worden gerealiseerd. De CO₂-reductiepotentiëlen in de binnenvaart zijn anders dan in de zeevaart. In de binnenvaart zijn meer technieken beschikbaar dan in de zeevaart. Gebruik van biobrandstoffen, efficiëntere motoren, gebruik van LNG en SCR (in deze volgorde) zorgen voor het grootste reductiepotentieel. CO₂-reductie in de binnenvaart is alleen mogelijk als energiebesparende maatregelen volledig zijn geïmplementeerd, in tegenstelling tot de zeevaart waar langzamer varen een belangrijke optie is. Daarnaast zorgt de hogere penetratiegraad van LNG in de binnenvaart ervoor dat de CO₂-reductie in de binnenvaart zekerder is dan in de zeevaart. Langzamer varen leidt in de binnenvaart weliswaar tot een minder groot reductiepotentieel dan in de zeevaart, maar is desondanks een optie. Er zijn kleine verschillen in de reductiepotentiëlen tussen de typen schepen.

Figuur 2.5 CO₂-reductie in de binnenvaart in de periode 2010-2050 (2010=100).

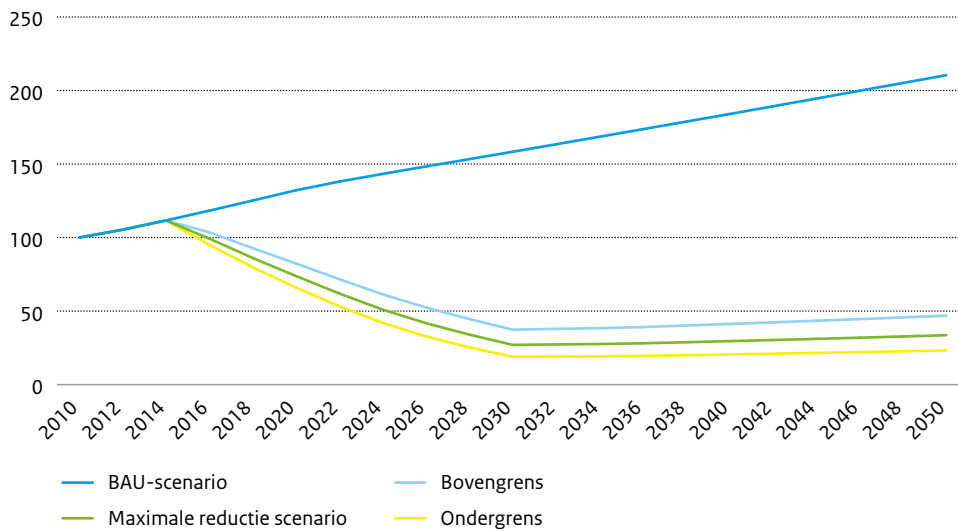


¹ De hier gepresenteerde reductiepotentiëlen verschillen van die in het rapport "Contribution to impact assessment of measures for reducing emissions of inland navigation" (Panteia 2013), omdat in dat rapport andere (BAU) scenario's worden gebruikt.

NO_x-reductie

Toepassing van energiebesparende technieken, end-op-pipe technologieën (SCR), alternatieve brandstoffen (biobrandstoffen en LNG) en aanpassing van de snelheid leiden direct tot een NO_x-reductie van 16%, oplopend tot 84 % in 2050.

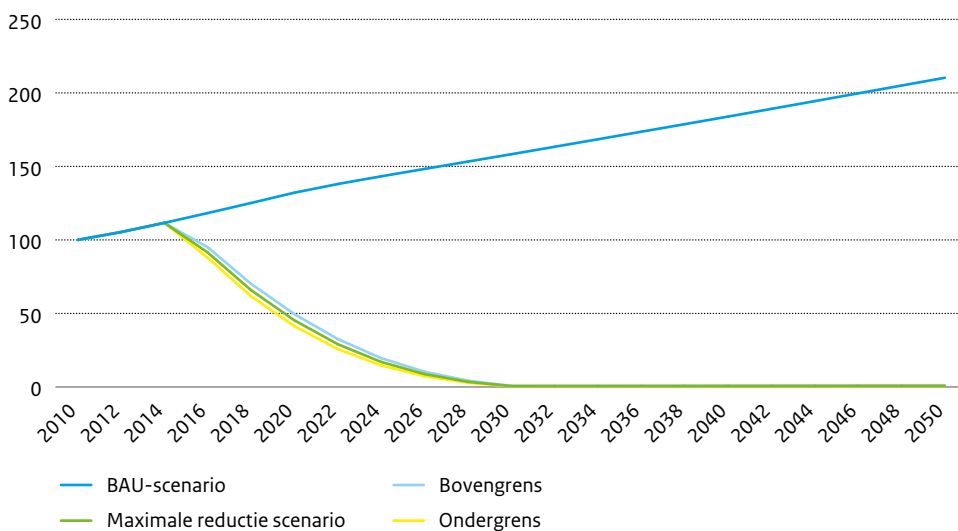
Figuur 2.6 NO_x-reductie in de binnenvaart in de periode 2010-2050 (2010=100).



PM₁₀-reductie

PM₁₀-emissies kunnen al in 2030 met 100% gereduceerd worden door toepassing van Diesel Partikel Filters en LNG. Deze technieken zijn commercieel beschikbaar, maar worden nog weinig toegepast. Over het effect, dat weinig verschilt per scheepstype, bestaat weinig onzekerheid.

Figuur 2.7 PM₁₀-reductie in de binnenvaart in de periode 2010-2050 (2010=100).



In tabel 2 staan de CO₂-reductiepotentiëlen voor de categorieën langzamer varen, alternatieve energiebronnen en brandstofbesparing voor de binnenvaart. Voor meer gedetailleerde informatie over de aandelen van de afzonderlijke technieken hierin wordt verwezen naar CE Delft 2013.

Tabel 2.2 CO₂-, NO_x- en PM₁₀-reductiepotentiëlen in de binnenvaart.

Species	All measures	Fuel saving measures	Alternative energy	End-of-pipe
CO ₂	65% (55-72%)	48% (44-53%)	29% (15-37%)	7,5%
NO _x	84% (78-89%)	48% (44-53%)	67% (57-75%)	7,5%
PM ₁₀	100%	48% (44-53%)	85% (83-87%)	95%

2.6 Onzekerheden bij het behalen van de reductieopties

Of de reductiepotentiëlen in 2050 ten opzichte van 2010 daadwerkelijk gerealiseerd kunnen worden hangt af van een aantal factoren. Ten eerste zijn aannamen gedaan over de autonome groei van de zee- en binnenvaart tussen 2010 en 2050. Het is onzeker of deze aannamen uitkomen. Ten tweede is de implementatie van emissiereducerende technieken in de zee- en binnenvaartvloot onzeker. CE Delft 2013 geeft aan dat de verspreiding van nieuwe technieken in de zee- en binnenvaart moeizaam verloopt. Latere implementatie betekent een kleinere kans op het behalen van het maximale reductiepotentieel. Het tijdstip van infasering hangt samen met de manier waarop belemmeringen die implementatie van technieken in de weg staan, kunnen worden weggenomen. Voorbeelden van dergelijke belemmeringen zijn onder andere de relatief hogere kosten van nieuwe technologieën, de lange levensduur van schepen en de trage besluitvorming binnen internationale gremia. Hoofdstuk 4 gaat uitgebreider in op belemmeringen bij de implementatie van reductieopties in de zee- en binnenvaart.

2.7 Reductiepotentiëlen in relatie tot ambities

Vergelijken we de maximale reductiepotentiëlen met de internationaal geformuleerde ambities, dan zijn de SO₂-, NO_x- en PM₁₀-ambities haalbaar. Dit zal vooral door toepassing van end-of-pipe technieken zijn.

Voor de CO₂-emissie is de onzekerheid over het behalen van de ambities groter. De IMO heeft nog geen CO₂-doelstelling vastgesteld, het Witboek van de EU heeft als doelstelling 40% reductie ten opzichte van 2005. Met een BAU-stijging van de CO₂-emissie met 26% in de periode 2010-2050 en een maximaal reductiepotentieel van 48% in 2050, bedraagt het netto-effect in 2050 een reductie van 34% ten opzichte van 2010. Uitgaande van een paar procent verschil in CO₂-emissie in de periode 2005-2010 en de grote mate van onzekerheid rond het effect van langzamer varen, is het onduidelijk of de EU-ambitie haalbaar is. Voor de binnenvaart is de EU-ambitie dat de CO₂-emissie in 2030 gelijk is aan die in 1990. CE Delft 2013 geeft geen CO₂-emissiecijfers voor de binnenvaart in 1990. Als alternatief gebruiken we CBS-cijfers: de CO₂-emissie in 1990 bedraagt 1.610 miljoen kilo. Volgens CE Delft bedraagt de CO₂-emissie in de binnenvaart in 2030 989 miljoen kilo. Hoewel de cijfers van CE Delft en het CBS niet direct vergelijkbaar zijn, is de kans groot dat de doelstelling haalbaar is. De Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) heeft bij Resolutie 2012-II-4 de "Strategie van de Centrale Commissie voor de Rijnvaart voor het verminderen van het brandstofverbruik en van de uitstoot van broeikasgassen van de Rijnvaart" aangenomen (doel CO₂: -60% in 2050).

3

Beleidsopties

3.1 Inleiding

In principe is het aan de markt zelf om duurzaamheidsbevorderende technieken te implementeren. Dat gebeurt lang niet altijd. Dat kan zijn omdat er belemmeringen voor een succesvolle implementatie bestaan. In een aantal gevallen kan de overheid deze belemmeringen verminderen of wegnemen. Hiertoe heeft de overheid beleidsopties tot haar beschikking: mogelijkheden en daarbij behorende instrumenten om de zee- en binnenvaart te verduurzamen. Nederland kan deze beleidsopties zelfstandig uitvoeren of proberen ze in internationaal verband uitgevoerd te krijgen. Gezien het internationale karakter van de sector en de wenselijkheid van een gelijk internationaal speelveld, zullen veel besluiten over de zee- en binnenvaart in internationaal verband genomen moeten worden. Er zijn vele beleids-opties mogelijk die ook nog eens op verschillende manieren kunnen worden ingevuld. Bovendien kan de overheid verschillende rollen vervullen. Bij dit grote aantal mogelijkheden bestaat de kans dat niet één mogelijkheid de beste is. Daarom hanteert het KiM kaders die een keuze uit de overheidsrollen en de beleidsopties voor de zee- en binnenvaart mogelijk maken.

Deze kaders betreffen:

- de verschillende overheidsrollen die het KiM onderscheidt;
- beleidsopties in twee pijlers: emissiereductie en innovatie;
- de verschillende speelvelden (wereldwijd, Europees en nationaal) waarop de zee- en binnenvaart opereert;
- het verschil tussen een marktbelemmering en een marktimperfectie;
- en de relatie tussen marktimperfecties en marktfasen.

Deze kaders zijn in Bijlage C nader uitgewerkt.

3.2 Emissiereductie en innovatie in de zee- en binnenvaart

Gebruikmakend van de kaders uit de vorige paragraaf en de indeling van de beleidsopties aan de hand van de pijlers emissiereductie en innovatie, gaan we nu concreet in op belemmeringen in de zee- en binnenvaart en de beleidsopties die deze belemmeringen kunnen verminderen. De inventarisatie van de belemmeringen is gedaan door CE-Delft (CE Delft 2013). De beleidsopties zijn afkomstig van het KiM en mede ontwikkeld naar analogie met de KiM-publicaties over wegverkeer (KiM 2013 b) en de luchtvaart (KiM 2013 a).

CE Delft constateert dat voor de zee- en binnenvaart veel reductieopties nu al beschikbaar zijn. De innovatie verloopt goed, maar de marktpenetratie van emissiereducerende technieken verloopt slecht. CE Delft heeft buiten de beschikbare technieken geen initiatieven gevonden voor technieken die nog op te tekentafel liggen. Een mogelijke verklaring hiervoor is volgens CE Delft dat slechte verspreiding van bestaande technieken de ontwikkeling van nieuwe technieken blokkeert. Nader onderzoek zou moeten uitwijzen of dit zo is. De trage diffusie van emissiereducerende technieken verklaart CE Delft uit de lange levensduur van schepen en de hoge risico's bij toepassing van nieuwe technieken. Mogelijk is de

eenvoudige toepassing van de operationele maatregel ‘langzaam varen’ met zijn grote emissiereducerende effect, reden om vaak dure technische opties niet te implementeren. De nadruk ligt daarom vooral op beleidsopties die de belemmeringen voor verspreiding van bestaande technieken binnen de zee- en binnenvaart verminderen of opheffen.

In dit hoofdstuk zetten we de reductieopties af tegen drie categorieën belemmeringen: marktperfecties, technische of juridische belemmeringen en overige belemmeringen. Vervolgens geven we mogelijke beleidsopties en rollen van de overheid aan. Omdat niet de innovatie maar de verspreiding van emissiereducerende technieken een probleem is, beperken we ons tot de beleidsopties die vallen onder deze laatste pijler.

Voor de beleidsopties onderscheiden we opties die gelden door de drie afzonderlijke ‘knoppen’ vermindering van energiegebruik per gevaren kilometer (CO₂), vermindering van emissies per eenheid gebruikte energie (CO₂) en end-of-pipe oplossingen (voor NO_x, SO₂ en PM₁₀) enerzijds en opties die voor de totale emissie gelden anderzijds. Verschillende instrumenten (normering, informatieverstrekking) komen bij meerdere knoppen voor (zie de paragrafen 3.6 t/m 3.8). Zo betekent bijvoorbeeld normering voor de ‘knop’ vaartuefficiency een norm voor de hoeveelheid CO₂/km en voor de ‘knop’ CO₂-intensiteit brandstof een norm voor het aandeel hernieuwbare energie.

3.3 Beleidsopties voor vermindering van energiegebruik per gevaren kilometer in de zee- en binnenvaart

We onderscheiden verschillende marktbarrières en belemmeringen. De sectorstructuur zorgt ervoor dat de baten niet bij dezelfde partij liggen als de kosten, betrouwbare informatie ontbreekt, er is risico-aversie en terughoudendheid bij scheepsbouwers, scheepseigenaren en reders, hoge netto kosten, onzekere brandstofprijzen en de lange levensduur van schepen. Deze belemmeringen zijn te rangschikken in de drie categorieën belemmeringen:

Marktperfecties

De geringe investeringsbereidheid en onzekerheid over de terugverdientijd wijzen op een marktperfectie. Deze zou verklaard kunnen worden uit de structuur van de zeevaartmarkt. Het voordeel van de investeerder in emissiebesparende technieken komt niet bij de eigenaar, maar bij de exploitant van de schepen terecht (CE Delft 2013). Deze belemmering kan ook bij de categorie overige belemmering komen, omdat scheeps-exploitanten niet bereid zijn te betalen voor duurdere schepen met emissiebesparende voorzieningen. Contracten tussen reders en exploitanten zouden afspraken moeten bevatten om het voordeel van investeringen in energiebesparende maatregelen aan beide partijen ten goede te laten komen.

Daarnaast is het niet doorberekenen van externe (milieu)kosten een marktperfectie. CO₂-emissie heeft in de markt geen prijs; CO₂-reductie wordt niet financieel gewaardeerd. Deze imperfectie is oplosbaar via emissieheffing, emissiehandel, normen en convenanten.

Een andere marktperfectie is het optreden van informatiescheefheid tussen diverse partijen, bijvoorbeeld omdat er onvoldoende betrouwbare informatie over het te behalen brandstofrendement is.

Technische en juridische belemmeringen

Technische belemmeringen zijn minder aan de orde. Er zijn voldoende technieken beschikbaar, maar de verspreiding ervan is te gering. Sommige nieuwe technieken nemen veel ruimte in, waardoor ze de laadruimte verkleinen. Financiële maatregelen zoals garantstelling en belastingvoordelen zouden de verspreiding kunnen stimuleren.

Juridische belemmeringen bestaan uit beperkingen die internationale verdragen opleggen aan het heffen van belastingen op brandstof. Een voorbeeld uit de binnenvaart is de Acte van Mannheim. Volgens deze acte is het niet toegestaan belastingen te heffen die met de scheepvaart over de Rijn te maken hebben.

Op internationaal niveau zouden dergelijke verdragen die de uitvoering van beleidsopties in de weg staan, moeten worden aangepast. In de praktijk blijken dergelijke aanpassingen vaak moeizaam tot stand te komen of zijn ze zelfs niet mogelijk.

Overige belemmeringen

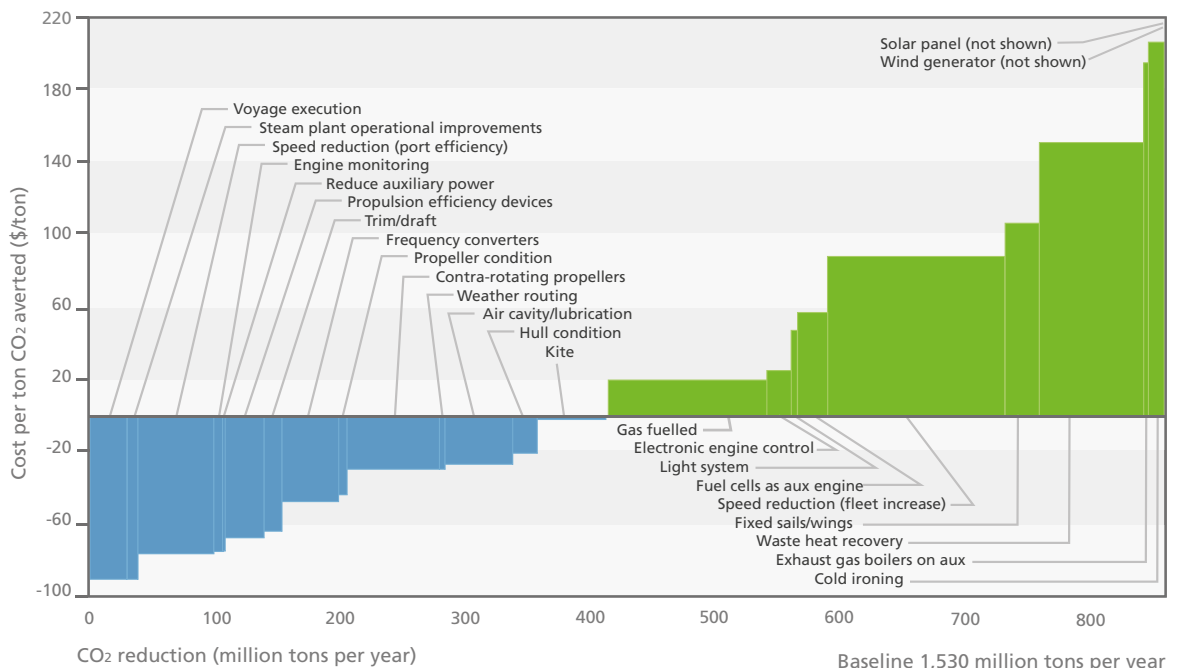
De belangrijkste belemmering voor besparende technieken is de geringe investeringsbereidheid van de verschillende betrokken partijen. Dat ligt niet alleen aan de structuur van de sector en is daarmee niet per se een marktimperfectie. Er zijn ook geen incentives in de markt om energiezuinige schepen in te zetten, die kunnen concurreren met conventionele schepen. Deze laatste zijn goedkoper en de extra brandstofkosten van conventionele technieken kunnen worden doorberekend aan de klant.

In dit krachtenspel spelen onzekerheden over het brandstofrendement een grote rol. Betrouwbare informatie over deze rendementen ontbreekt. Ze zijn namelijk afhankelijk van operationele omstandigheden zoals weer en stromingen. Brandstofkosten bepalen in hoge mate de operationele kosten, maar de scheepsbrandstofprijzen zijn laag door het ontbreken van heffingen en toeslagen die in het wegverkeer wel gangbaar zijn. Daardoor ontbreekt een prikkel om te investeren in alternatieven. De afgelopen jaren is veel geïnvesteerd in nieuwe schepen. Door hun lange levensduur gaan deze conventionele schepen nog erg lang mee. Het vervangingspercentage is daardoor laag.

Een manier om inzicht te krijgen in de kosten die met reductieopties gepaard gaan is het opstellen van Marginal Abatement Curves (MACCs). Dergelijke curves rangschikken de reductieopties naar kosten-effectiviteit ten opzichte van een referentie, berekend in euro's per vermeden ton CO₂. Ze geven ook aan hoeveel CO₂-emissie met elke reductieoptie bespaard kan worden.

Het Noorse DNV (2010) heeft een MACC opgesteld voor reductieopties in de zeevaart. De MACC laat de technieken zien die kosteneffectiever (blauw) en minder kosteneffectief (groen) zijn ten opzichte van de gemiddelde CO₂-reductie. Veel van de genoemde reductieopties worden toegelicht in bijlage B. De MACC voor de zeevaart is niet zonder meer toepasbaar op de binnenvaart, al zal de trend in de MACC voor de zeevaart min of meer gelijk zijn aan die voor de binnenvaart (CCR 2012).

Figuur 3.1 Meer (blauw) en minder (groen) kosteneffectieve maatregelen voor CO₂-reductie in de zeevaart DNV (2010).



Een specifieke en belangrijke belemmering binnen de binnenvaart is opbouw van die sector uit veel kleine bedrijven. Deze richten zich vanwege de felle concurrentie richten op kortetermijnrendement, zijn behoudend en onvoldoende geïnformeerd over nieuwe technieken (Geerlings 2012). Bij de overige marktbelemmeringen ligt de bal eigenlijk bij de markt, maar gezien de doorwerking van deze belemmering en de maatschappelijke aard van de milieuproblematiek kan de overheid ook daar een rol op zich nemen. Zo kan de overheid partijen bij elkaar brengen in een markt met terughoudende en risicomijdende partijen, convenanten afsluiten, onzekerheden reduceren of zekerheden bieden via subsidies. Ook kan de overheid als launching customer optreden voor technologieën die de gebruiker reële voordelen bieden.

Tabel 3.1 Opties voor verlaging van het energieverbruik per kilometer en verschillende belemmeringen in de zee- en binnenvaart.

Type reductieopties	Categorie belemmering	Soort belemmering	Beleidsopties diffusie emissie-reducerende technieken
Energiegebruik per gevaren kilometer	Markt-imperfecties	Milieu-externaliteit	Emissieheffing, normering, convenanten
		Informatie scheefheid	Informatieverstrekking
		Split incentive	Financiële maatregelen om kosten en baten rechtvaardiger te verdelen
	Technische of juridische belemmeringen	Technische belemmeringen niet aan de orde. Veel technieken wel beschikbaar, maar diffunderen slecht.	Financiële maatregelen (bijvoorbeeld garantstelling, belastingvoordeel) om diffusie te stimuleren
		Juridische belemmeringen door internationale verdragen als de Acte van Mannheim die verbiedt belastingen te heffen op brandstof bij Rijnvaart.	Aanpassing internationale verdragen.
	Overige marktbelemmeringen	Geen betalings- /investerings-bereidheid, onder andere door onzekerheid over rendementen.	Optreden als marktpartij (launching customer) door aanschaf rijksschepen.
			Financiële maatregelen rekening houdend met onzekerheid rendement.
		Marktsituatie met veel kleine bedrijven, gefragmenteerd, behoudend, lage rendementen en gericht op korte termijn (binnenvaart).	Samenwerking stimuleren bijvoorbeeld via convenanten en informatieverstrekking.
		Lage brandstof-prijzen zijn geen prikkel tot ontwikkeling alternatieven.	Instellen accijs en belasting brandstof.
		Lange levensduur schepen.	Stimulering retrofit via financiële maatregelen.

3.4 Beleidsopties voor vermindering van emissies per eenheid gebruikte energie in de zee- en binnenvaart

Het gaat hier vooral om het gebruik van alternatieve brandstoffen die voor lagere emissies zorgen.

Marktimperfecties

De eerdergenoemde marktbelemmeringen voor een veranderd energieverbruik spelen ook bij een verandering van de emissies per eenheid gebruikte energie: de emissies zijn niet geprijsd.

Technische en juridische belemmeringen

Belangrijk is de ingewikkelde, soms onnodige en vaak onzekere regelgeving die met toepassing van alternatieve brandstoffen gepaard gaat. Er is behoefte aan uniforme veiligheidsstandaarden voor opslag en transport van alternatieve brandstofvoorzieningen zoals LNG. De overheid kan de randvoorwaarden verbeteren, bijvoorbeeld door het ontwikkelen van uniforme veiligheidsstandaarden via internationale afspraken, bijvoorbeeld via de IMO.

Overige belemmeringen

Belemmerende factoren zijn de hoge netto kosten van de aanschaf van alternatieve brandstoffen, de beschikbaarheid van alternatieve energiebronnen zoals wind- en zonne-energie en van de alternatieve brandstoffen biofuel, LNG en laag zwavelhoudende brandstof. Ook het ontbreken van een infrastructuur voor levering van deze alternatieve brandstoffen werkt belemmerend. Voor de binnenvaart is LNG een kosteneffectieve oplossing, voor de zeevaart niet. De hogere prijs van de brandstof voor de binnenvaart speelt daarin mee. Daarentegen is windenergie voor de binnenvaart geen oplossing.

In de onderstaande tabel zijn de opties en de verschillende belemmeringen in de zeevaart in kaart gebracht.

Tabel 3.2 Opties voor verlaging emissies per eenheid gebruikte energie en verschillende belemmeringen in de zee- en binnenvaart.

Type reductieoptie	Categorie belemmering	Soort belemmering	Beleidsopties diffusie emissie-reducerende technieken
Emissies per eenheid gebruikte energie	Marktimperfecties	Milieu-externaliteit	Emissieheffing, normering, convenanten
		Informatiescheefheid	Informatieverstrekking
		Split incentive	Financiële maatregelen om kosten en baten rechtvaardiger te verdelen
		Hoge netto kostenaanschaf alternatieve brandstoffen	Financiële maatregelen
		Lage brandstof-prijzen zijn geen prikkel tot ontwikkeling alternatieven	Instellen accijs en belasting brandstof
	Technische of juridische belemmeringen	Uniforme veiligheidsstandaarden voor opslag en transport alternatieve brandstoffen	Randvoorwaarden stellen (standaardisering)
	Overige belemmeringen	Beschikbaarheid alternatieve brandstoffen	Financiële maatregelen
		Ontbreken voorzieningen distributie alternatieve brandstoffen	Financiële maatregelen
		Lange levensduur schepen	Stimulering retrofit via financiële maatregelen

3.5 Beleidsopties voor end-of-pipe oplossingen (voor NO_x, SO₂ en PM₁₀) in de zee- en binnenvaart

Marktimperfecties

Het gaat hier zowel in de zee- als in de binnenvaart om de altijd geldende belemmering van het niet beprijzen van emissies en de al vaker genoemde belemmering van gebrek aan juiste en uitgebreide informatieverstrekking. Eerdergenoemde beleidsopties zoals emissieheffing gelden hier ook.

Technische en juridische belemmeringen

Belangrijk is de ingewikkelde, soms onnodige en vaak onzekere regelgeving die de markerkenning en toepassing van emissiereducerende technieken bemoeilijkt. Er is behoefte aan uniforme normen en veiligheidsstandaarden voor de uitstoot van SO₂, NO_x en PM₁₀. De overheid kan de randvoorwaarden daarvoor verbeteren, bijvoorbeeld door het ontwikkelen van uniforme veiligheidsstandaarden via internationale afspraken in de IMO.

Overige belemmeringen

Er zijn geen belemmeringen die onder deze categorie vallen.

In de onderstaande tabel zijn de opties en de verschillende soorten belemmeringen in de zee- en binnenvaart in kaart gebracht.

Tabel 3.3 Opties voor end-of-pipe oplossingen binnen de pijler innovatie en verschillende belemmeringen in de zee- en binnenvaart.

Type reductieopties	Categorie belemmering	Soort belemmering	Beleidsopties diffusie emissie-reducerende technieken
End-of-pipe oplossingen	Marktimperfecties	Milieu-externaliteit	Emissieheffing, normering, convenanten
		Informatiescheefheid	Informatie overdracht
		Ontbreken marktincentives: toepassing levert geen voordeel voor de scheepseigenaren	Financiële maatregelen
	Technische of juridische belemmeringen	Procedures voor goedkeuring	Randvoorwaarden stellen (standaardisering)

3.6 Beleidsopties voor alle reductieopties in de zee- en binnenvaart

De vorige drie paragrafen gaan over de beleidsopties voor de afzonderlijke knoppen, met uitzondering van de 'volumeknop', die met elkaar vermenigvuldigd worden om de totale emissie te berekenen. Voor de volledigheid sommen we in deze paragraaf de beleidsopties op die betrekking hebben op de totale emissie. Deze opties zijn deels een herhaling van de opties voor de afzonderlijke knoppen.

Marktimperfecties

Bij alle knoppen zien we de grootste marktimperfectie milieu-externaliteit terugkomen. CO₂-reductie wordt niet financieel gewaardeerd. Deze imperfectie kan op verschillende opgelost worden: emissieheffing, emissiehandel, normen en convenanten.

Technische en juridische belemmeringen

Technische belemmeringen spelen volgens CE Delft geen grote rol.

Juridische belemmeringen bestaan uit bestaande verdragen, die het bijvoorbeeld onmogelijk maken belastingen te heffen.

Overige belemmeringen

Belemmeringen zouden kunnen ontstaan als een beleids optie onvoldoende internationaal draagvlak krijgt en slechts door een beperkt aantal deelnemers wordt ingevoerd. Een voorbeeld daarvan is de mislukte invoering van een wereldwijd CO₂-emissiesysteem voor de luchtvaart door de ICAO. Daarna heeft Europa zelf een CO₂-emissiehandelssysteem ingevoerd. Dit stuitte op veel weerstand van landen buiten Europa. De langdurige onderhandelingen binnen de IMO om te komen tot een CO₂-doelstelling en emissiehandel en emissieheffing als geschikte instrumenten om deze doelstelling te halen, geven aan hoe moeilijk het is internationaal draagvlak te verwerven.

De onderstaande tabel koppelt beleids opties aan belemmeringen.

Tabel 3.4 Beleids opties die betrekking hebben op alle reductie opties en verschillende belemmeringen in de zee- en binnenvaart.

Type reductieoptie	Categorie belemmering	Soort belemmering	Beleids opties diffusie emissie-reducerende technieken
Alle	Markt imperfecties	Milieu-externaliteit: niet door-berekenen van externe kosten	Emissieheffing, normering, emissiehandel, convenanten
		Onvoldoende informatie	Informatieoverdracht
		Split incentive	Financiële maatregelen om kosten en baten rechtvaardiger te verdelen
	Technische of juridische belemmeringen	Juridisch: beperkingen door internationale verdragen	Aanpassing internationale regelgeving
	Overige marktbelemmeringen	Beperkt internationaal draagvlak	Vergroten draagvlak

3.7 Haalbaarheid en uitvoerbaarheid van beleids opties

De beleids opties die in de vorige paragraaf zijn genoemd verdienen een aantal opmerkingen en kanttekeningen over hun haalbaarheid, effectiviteit en efficiëntie.

In deze publicatie zijn de beleids opties uitgesplitst naar de factoren (zie figuur 1.1) die gebruikt worden om emissies te berekenen. Veel beleids opties komen bij alle factoren voor. Daarom zijn in onderstaande tabel alleen de beleids opties samengevat en nader uitgewerkt op hun haalbaarheid, effectiviteit en efficiëntie.

In een parlementair onderzoek naar de kosten en effecten van het Nederlandse klimaat- en energiebeleid (Tweede Kamer 2013) blijkt dat een algemeen beeld van de kosten, effecten en neveneffecten van het klimaatbeleid sinds 2004 moeilijk te krijgen is. In het algemeen zijn beleids opties die leiden tot energiebesparing in het algemeen kosteneffectiever dan beleids opties die leiden tot een toename in het gebruik van duurzame energie. Subsidies zijn doorgaans minder effectief vanwege hoge uitvoeringskosten en de kans op free riders. Voor het wegverkeer hebben accijnsverhogingen en de bijmenging met biobrandstoffen de grootste bijdrage geleverd aan de emissiereductie, al is over de kosteneffectiviteit nauwelijks iets bekend. Convenanten en een betere communicatie hebben nauwelijks tot emissiereductie geleid. De uitwerking van beleids opties is afhankelijk van een groot aantal factoren. Daardoor is het niet mogelijk

een recept te geven. Ook kostenramingen van beleidsopties zijn moeilijk te geven, omdat ze van een groot aantal factoren afhangen, zoals het aantal deelnemende partijen en de mate van handhaving. Een Vlaamse studie naar de kosten van emissiereducerende maatregelen in de zeevaart laat zien dat de spreiding in de kosten (per ton CO₂/SO₂/NO_x) groot is en mede afhankelijk van het gekozen ambitieniveau (Resource Analysis 2008).

Tabel 3.5 De haalbaarheid en uitvoerbaarheid van beleidsopties

Beleidsoptie	Beoordelingscriteria	Haalbaarheid, effectiviteit en efficiëntie van beleidsopties
Emissieheffing en emissiehandel	Effectiviteit: +	Emissiehandel en emissieheffing hebben betrekking op de totale CO ₂ -emissie, dus op alle vier factoren (zie figuur 1.1) en zijn daarmee in beginsel effectieve beleidsopties. De effectiviteit van emissieheffing is minder zeker omdat niet duidelijk is of bedrijven kiezen voor het betalen van de heffing zonder de emissies te verminderen (niet effectief) of voor energiezuiniger werken waardoor de emissies verminderen (wel effectief). Emissiehandel is effectief omdat de totale CO ₂ -uitstoot vastgelegd wordt en het doel gehaald wordt. Deze beleidsoptie is later in deze paragraaf concreter uitgewerkt.
	Efficiëntie: +	Op voorhand is niet helemaal duidelijk of emissiehandel of emissieheffing efficiënter is. Een emissieheffing is efficiënt omdat het opleggen van een heffing eenvoudig is en alleen de kosten van het meten van de uitstoot met zich meebrengt. Emissiehandel is minder efficiënt omdat een handelssysteem moet worden opgezet met de daarbij behorende administratieve lasten.
	Haalbaarheid: -	Emissieheffing en emissiehandel kunnen alleen in internationaal verband tot stand komen. Dat maakt de haalbaarheid onzeker omdat internationale afspraken over heffingen en normering moeilijk te bereiken zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor de jarenlange discussie binnen de IMO over marktconforme maatregelen voor de CO ₂ -reductie (KiM, 2013). Het innen van belastingen en heffingen is soms volgens bestaande internationale afspraken onmogelijk. Ook kunnen er andere redenen zijn om bestaande internationale afspraken niet te willen veranderen. Verder kunnen handhaafbaarheid, monitoringskosten en fraudegevoeligheid problemen opleveren bij de implementatie van deze beleidsopties.
Normering	Effectiviteit: +	Normen hebben een meer dwingend effect dan emissiehandel en emissieheffing.
	Efficiëntie: 0/+	Een norm op de milieuprestatie, bijvoorbeeld in grammen per kilometer, geldt als efficiënter, dus meer welvaartsverhogend dan een norm die een specifieke technologie voorschrijft. Een algemene norm biedt meer keuzevrijheid.
	Haalbaarheid: -	Normen kunnen alleen in internationaal verband vastgesteld worden, met alle onzekerheid van dien. Verder kunnen handhaafbaarheid, kosten voor monitoring en fraudegevoeligheid problemen opleveren bij de implementatie.
Convenanten	Effectiviteit: -/0	Convenanten worden opgesteld op vrijwillige basis. De effectiviteit van convenanten is door deze vrijwilligheid onzeker en hangt sterk af van de te maken afspraken en de wijze van monitoring.

>>

Tabel 3.5 De haalbaarheid en uitvoerbaarheid van beleidsopties (vervolg)

Beleidsoptie	Beoordelingscriteria	Haalbaarheid, effectiviteit en efficiëntie van beleidsopties
Maatregelen om de split incentive op te heffen.	Efficiëntie: +	Convenanten kunnen wel efficiënt zijn als bedrijven vrij worden gelaten om de meest geschikte manier te vinden om de gemaakte afspraken in te vullen.
	Haalbaarheid: +	Door de vrijwillige basis zijn convenanten goed haalbaar.
	Effectiviteit: +	Het opnemen van de brandstofkosten in de tarieven voor de reder, mogelijk in combinatie met afspraken over de te varen snelheid, zou voor de scheepseigenaar een prikkel kunnen zijn om te investeren in scheepsefficiëntie. Voor de binnenvaart geldt de split incentive minder, omdat de schepen daar meestal in eigendom zijn van de exploitant.
	Efficiëntie: 0	Voor de zeevaart (Faber et al, 2012): Betere informatie tussen scheepseigenaar en reder over de brandstofefficiëntie van een schip zou mogelijkheden kunnen bieden hogere tarieven te vragen aan de reder, zodat de scheepseigenaar zijn investering terug kan verdienen. Naast zekerheden als brandstofverbruik bij een bepaalde snelheid, bevat de informatie ook onzekerheden zoals de weersafhankelijkheid van het brandstofgebruik.
Informatieverstrekking	Haalbaarheid: -/0	De haalbaarheid van een rechtvaardiger verdeling van kosten en baten zal daarom mede afhangen van het accepteren van onzekerheden als weersomstandigheden en brandstofverbruik door zowel de scheepseigenaren als de reders.
	Effectiviteit: +	Het verplicht stellen van het gebruik van onafhankelijke testen en monitoringssystemen voor brandstofverbruik zodat er geen onduidelijkheden bestaan tussen scheepseigenaar en reder over de juistheid van gegevens (Nelissen, D. & Faber, J. 2014). Het gaat hierbij om informatie over het brandstofverbruik onder verschillende vaaromstandigheden, bij verschillende snelheden, ladingssoorten, met en zonder ballast en dergelijke. Een onafhankelijk informatiesysteem leidt niet direct tot CO ₂ -reductie (ongeveer 2%) en heft de split incentive niet op (Nelissen en Faber, 2012), maar werkt 'voorwaardescheppend'. De effectiviteit is door deze indirecte werking onzeker. De kosten voor de zeevaart in Europese havens schat de EU in op € 6.700,- per scheepseigenaar/reder. (Nelissen en Faber 2012).
	Efficiëntie: +	Informatiesystemen zijn digitaal en mondiaal voor iedereen te gebruiken.
	Haalbaarheid: +	Het probleem van onjuiste informatieverstrekking kan mogelijk verholpen worden door technologieën te leasen, waarbij bij slechte prestaties het risico bij de maker van de technologie ligt (Faber et al, 2012).

>>

Tabel 3.5 De haalbaarheid en uitvoerbaarheid van beleidsopties (vervolg)

Beleidsoptie	Beoordelingscriteria	Haalbaarheid, effectiviteit en efficiëntie van beleidsopties
Financiële maatregelen	Effectiviteit: +	Deze financiële maatregelen betreffen onder andere subsidieverlening, garantstelling bij overgang van kleinschaligheid/prototypen naar de markt of bij onzekerheid over het rendement, het geven van belastingvoordeel bij de aanschaf van nieuwe technologieën. Financiële maatregelen kunnen ook ingezet worden als randvoorwaarden ter verbetering van de samenwerking (bijvoorbeeld in de binnenvaart). De mogelijkheden van de overheid als launching customer ter bevordering van verspreiding van nieuwe technieken zijn beperkt vanwege de beperkte inkoopkracht en het gegeven dat de eigenschappen van rijksschepen anders zijn dan die van bijvoorbeeld binnenvaartschepen. Voorbeelden van (afgelopen) subsidieprogramma's in de zee- en binnenvaart zijn Subsidieregeling Innovatie Binnenvaart, Subsidieprogramma. De effectiviteit van subsidieverstrekking aan innovatieprogramma's in het algemeen blijkt moeilijk meetbaar. Veel financiële maatregelen hebben betrekking op de knop brandstofefficiëntie (MJ/km) zoals zuinigere motoren, of op de knop CO ₂ -intensiteit (CO ₂ /MJ), zoals biobrandstoffen. Ze zijn daardoor minder effectief dan bijvoorbeeld de emissiehandel, die alle knoppen betreft.
	Efficiëntie: 0	Van veel financiële maatregelen (subsidieversterking) is de efficiëntie moeilijk vast te stellen, omdat niet duidelijk is of hetzelfde resultaat ook bereikt was zonder de maatregel.
	Haalbaarheid: 0	De haalbaarheid van financiële maatregelen hangt af van de bereidheid en de financiële situatie van de overheid.
Maatregelen die bewustwording voor duurzaamheid stimuleren.	Effectiviteit: 0	Het gaat hier bijvoorbeeld om training van personeel en scheepseigenaren en de instelling van prijzen voor goede prestaties. De effectiviteit is moeilijk vast te stellen.
	Efficiëntie: +	Deze maatregelen zijn wel efficiënt, maar de effectiviteit is moeilijk vast te stellen.
	Haalbaarheid: +	Dergelijke maatregelen zijn doorgaans goed haalbaar.
Instelling prijsprikkels of verstrekking van financiële middelen	Effectiviteit: +	Bij prijsprikkels kan gedacht worden aan verhoging van de brandstofprijzen via accijns of belasting, met alle beperkingen voor de haalbaarheid van dien en prijsdifferentiatie. Hogere brandstofprijzen kunnen een prikkel zijn om te investeren in op de lange termijn goedkopere, duurzamer alternatieven. Zeker bij end-of-pipe oplossingen hebben de scheepseigenaren en reders geen direct voordeel. Financiële maatregelen zou de aanschaf van deze categorie oplossingen kunnen stimuleren.
	Efficiëntie: 0	Prijsprikkels kunnen ook toegepast worden voor de differentiatie van bijvoorbeeld lig- en havengelden op basis van milieuprestaties. Dit is een effectieve maatregel die ook efficiënt is omdat er nauwelijks kosten aan verbonden zijn.
	Haalbaarheid: -	Verhoging van de brandstofprijzen is moeilijk haalbaar, want dat moet internationaal geregeld worden.

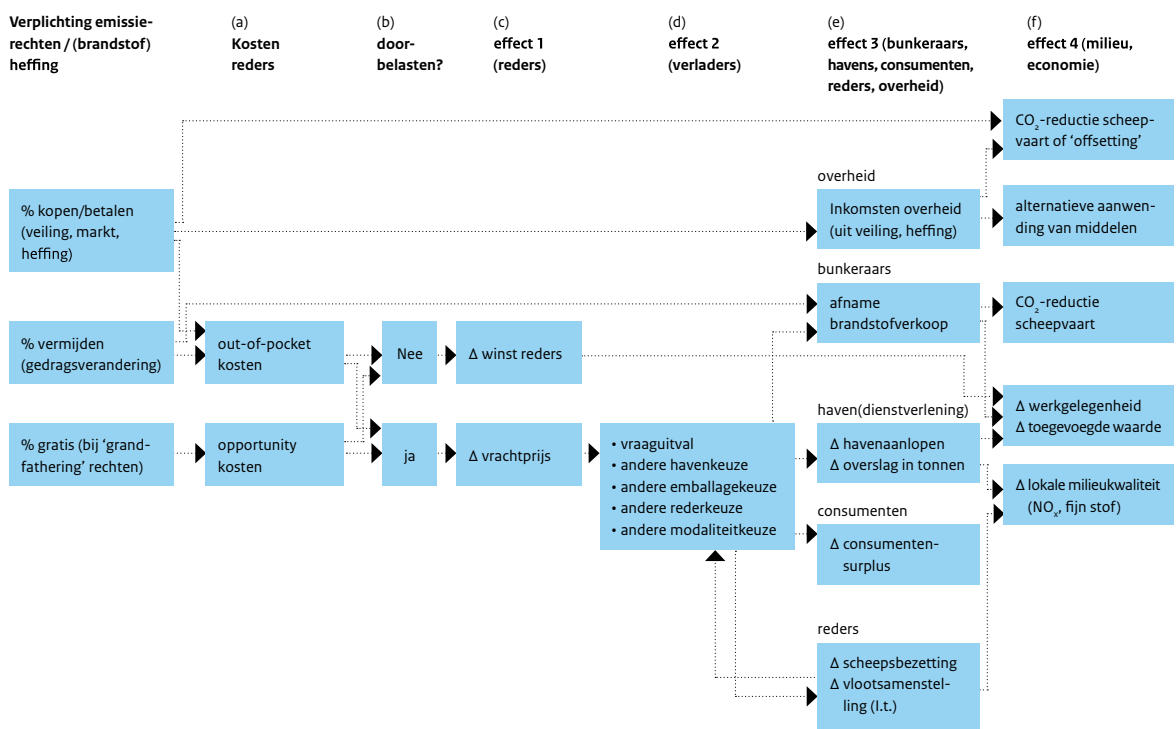
Het voert hier te ver om alle beleidsopties uit de tabel concreter uit te werken, bijvoorbeeld door te inventariseren wat de gevolgen van de opties voor alle betrokken partijen zijn. Voor de scheepvaart zijn belemmeringen en instrumenten die moeten leiden tot duurzamere brandstoffen concreter uitgewerkt in de Visie Duurzame Brandstoffenmix (Deelrapport Brandstofafel Scheepvaart, MinlenM 2014).

Van de verschillende categorieën beleidsopties heeft het KiM recent de beleidsopties emissieheffing en emissiehandel ter reductie van de CO₂-emissie in de zeevaart wel uitgewerkt (KiM 2013). In de onderstaande figuur en toelichting uit deze publicatie is aangegeven wat de gevolgen van introductie van CO₂-emissieheffing en CO₂-emissiehandel in de zeevaart voor diverse partijen zijn. Onderstaande tekst en figuur zijn overgenomen uit deze KiM- publicatie (KiM 2013).

Zowel het kopen van emissierechten, het betalen van de emissieheffing als de gedragsverandering om emissies te reduceren brengen kosten met zich mee. Ook in het geval dat emissierechten (deels) gratis zijn verkregen is er sprake van kosten. Deze gratis verkregen rechten, 'opportunity costs', vertegenwoordigen een mogelijk verhandelbare waarde zogeheten. Als een bedrijf deze rechten zelf niet gebruikt, kan het ze doorverkopen. Dat is de waarde van het beste alternatieve gebruik (KiM 2013).

Uitgaande van de situatie waarin de plicht voor het hebben van emissierechten en het betalen van de emissieheffing bij de reders ligt², zou dit de volgende reactieketen in gang zetten (Fig 4.2):

Fig. 3.2 Reactieketen effecten emissierechten/ (brandstof) heffing.



Bron: KiM

- a) De kosten van reders nemen toe. Als reders emissierechten kopen bij andere marktpartijen of op een nationale veiling, of wanneer ze een emissieheffing betalen, krijgt de ontvangende partij financiële middelen. Afhankelijk van de besteding van deze middelen is er wel of geen aanvullend CO₂-effect. Dat hangt ervan af of overheden de inkomsten uit de veiling of heffing bijvoorbeeld gebruiken voor de algemene middelen of voor een fonds waaruit emissiereductie wordt betaald. De emissiereductie die zo ontstaat, kan zowel binnen als buiten ('offsetting') de scheepvaartsector plaatsvinden.
- b) Het is een strategische keuze van de reders om hun kostenstijging niet, wel of deels door te berekenen in de vrachtprijzen. Deze keuze zal een reder over het algemeen laten afhangen van de concurrentie in

² Deze plicht zou bijvoorbeeld ook bij de bunkeraars kunnen liggen. In dat geval verandert de reactieketen in geringe mate: de reders moeten dan geen emissierechten kopen of zelf een heffing betalen, maar kopen brandstof waarin al een heffing is verwerkt.

de betreffende markt, van de mate waarin concurrenten dezelfde kostenstijging hebben en van de verwachte prijsgevoeligheid bij klanten.

- c) Afhankelijk van de doorbelasting treedt er een effect op in de vrachtprijzen en/of de winst van de reders.
- d) In het geval van een effect op de vrachtprijzen kan dit leiden tot vraagreacties bij de verladers. Afhankelijk van hun prijsgevoeligheid kunnen zij ervoor kiezen om geen of minder goederen te laten transporteren, een andere reder te kiezen die lagere vrachtprijzen berekent omdat hij minder hoge kosten heeft en/of minder doorberekent, goederen over een andere route te vervoeren, een andere modaliteit te kiezen, of een andere emballagevorm bijvoorbeeld ro-ro in plaats van containers.
- e) Hogere kosten voor verladers leiden mogelijk tot een lagere vraag naar vervoer, wat weer leidt tot minder bedrijvigheid voor bunkeraars van scheepsbrandstoffen, havenbeheerders en havendienstverlening. Als de verlader de kosten doorberekent, zijn er gevolgen voor de consumenten van de goederen. Ook reders kunnen op de vraagreacties reageren, bijvoorbeeld door vaarten te schrappen of te bundelen, scheepsbezetting en vaarfrequentie aan te passen of juist met een groter aanbod te komen. Ook kunnen ze op de lange termijn hun vlootsamenstelling veranderen, bijvoorbeeld naar kleinere schepen of meer containerschepen. Dit kan leiden tot nieuwe vraagreacties bij de verladers, bijvoorbeeld omdat ze vinden dat de dienstverlening van de reder te veel is uitgehold.
- f) Een afname van de verkoop van scheepsbrandstof heeft als rechtstreeks effect een verlaging van de CO₂-uitstoot, maar beïnvloedt ook de inkomsten van bunkeraars. Door de veranderingen in de havens en bij de havendienstverlening ontstaan er economische effecten in andere sectoren. Deze kunnen positief zijn, denk bijvoorbeeld aan de scheepsbouwsector en toezichthoudende ondernemingen. Gebruikelijke indicatoren voor veranderingen in economische omvang van sectoren zijn werkgelegenheid en toegevoegde waarde. Ook kan er een effect zijn op het lokale milieu in de buurt van de haven.

Hoe groot de effecten in de reactieketen zijn, is sterk afhankelijk van de volgende factoren:

1. Hoe hoog is de emissieheffing en hoe hoog zijn de kosten voor (bij)kopen van rechten en/of emissiebeperking?
2. In welke mate belasten reders hun kosten door in hun vrachtprijzen?
3. Hoe prijsgevoelig zijn verladers, reageren ze op de veranderde vrachtprijzen?

Summary: Toward sustainable sea and inland waterway shipping by 2050

Operational measures and the application of existing technologies can drastically reduce the CO₂, SO₂, NO_x and PM₁₀ emitted by sea and inland waterway shipping between 2010 and 2050. The CO₂ emissions from sea shipping can be reduced by 45% during this period, especially by sailing slowly. A great degree of associated uncertainty exists, however. The CO₂ emissions of inland waterway shipping can be reduced by 65% by 2050, particularly through the use of fuel-saving technologies and Liquefied Natural Gas (LNG), for which a lesser degree of uncertainty exists than for sea shipping. For both sea and inland waterway shipping, the treatment of emitted gases ('end-of-pipe-solutions') can reduce SO₂, NO_x and PM₁₀ emissions by 80-100%.

Reduction options are not automatically implemented, however. In many cases the market is responsible for eliminating such obstacles. If government intervention is required, the government - in its regulatory role - can deploy various instruments, such as emission taxes, emissions trading (including an emission ceiling), fiscal measures, subsidies and standardisation. The latter virtually always occur on the international level. The government - in its communicative role - can provide reliable information that is disseminated among the relevant parties.

Emissions-determining factors

Freight transport via water – by both sea and inland waterways – is expected to increase over the next 40 years, particularly for container transport. This increase in freight transport contributes to both economic growth and prevailing negative effects, such as air pollution (SO₂, NO_x and PM₁₀ emissions), as well as greenhouse gas emissions (particularly CO₂). The main research question posed in this paper is: To arrive at sustainable sea and inland waterway shipping by 2050, what are the reduction and policy options for CO₂, SO₂, NO_x and PM₁₀ emissions?

As with the emissions for other modalities, those for sea and inland waterway shipping are the result of three or four factors. The emission of CO₂ is a product of three factors: volume (number of kilometres sailed), ship efficiency (amount of energy per transport unit or MJ/km), and the fuel's CO₂ intensity (CO₂/MJ). A fourth factor applies to the emissions of air-polluting particles: the so-called end-of-pipe solutions, the filtering out of exhaust gases.

The volume factor seemingly has little reduction potential for sea and inland waterway shipping. Although the melting of the polar ice caps is creating shorter northern shipping routes between Asia and Europe, this effect is difficult to quantify. Moreover, because not all transport can occur via land, there are few viable alternatives to sea and inland waterway shipping. The loading rates for sea and inland waterway shipping could be higher, and initiatives aimed at facilitating this are emerging from the Top Sector Logistics, yet in recent years the loading rates were more likely to decrease than increase.

There is then no certainty that loading rates will increase and, as a consequence of this, the number of kilometres sailed will decrease. The number of kilometres sailed factor is therefore beyond the scope of this paper.

In Figure S1, the emissions of CO₂ and SO₂/NO_x/PM₁₀ respectively are represented schematically.

An increase in emissions

The Business-as-Usual (BAU) scenario derives from a development that occurs without the implementation of additional policy measures, but does take into account autonomous developments. In this scenario, the CO₂ emissions from sea shipping will increase by 26% until 2050, as compared to 2010 levels. This is an increase of 0.6% per year. NO_x and PM₁₀ emissions will increase by 40% and 82% respectively until 2050. Under the existing policy, SO₂ emissions (on the Dutch Continental Shelf) will decrease by 70%. The increase in sea shipping emissions is primarily due to increased container transport.

Without the implementation of additional policy measures, and with autonomous developments taken into account, the CO₂ emissions of inland waterway shipping will increase by 110% by 2050, as compared to 2010 levels. This is an annual increase of 1.9%. This is a larger increase than for sea shipping, because inland waterway shipping will experience a greater increase in container transport than sea shipping. Inland waterway shipping also claims a larger share of the hinterland transport market. The emissions of NO_x and PM₁₀ will increase by 110% until 2050, as compared to 2010 levels. Due to existing policy, SO₂ emissions have already decreased to such an extent that further reductions seem unlikely. We therefore do not address the SO₂ emissions of inland waterway shipping in this paper.

Options for emissions reduction

A major share of CO₂ reduction in sea shipping can be achieved through operational measures; that is, measures that pertain to sailing. A 24% reduction by 2016 is possible, with slower sailing being the most important operational measure required to achieve this. There is however great uncertainty surrounding this potential reduction. Applying energy-saving measures, such as improvements to engines, hulls and propellers, and alternative energy sources, such as Liquefied Natural Gas (LNG), will result in an additional 33% reduction in CO₂ by 2050. This means that the total CO₂ reduction in sea shipping could reach 45% by 2050, as compared to 2010 levels. Sea shipping emissions of NO_x, SO₂ and PM₁₀ are partly related to the energy saving measures that lead to CO₂ reduction; namely, 32% for NO_x, 28% for SO₂, and 30% for PM₁₀. However, the largest emission reductions derive from end-of-pipe technologies, such as water injection and chemical reduction technologies. It is possible to reduce NO_x emissions by 99%, SO₂ by 90%, and PM₁₀ by 94%. The degree of uncertainty pertaining to the reduction potential of these technologies is much lower than those for CO₂ reduction.

A 65% reduction of CO₂ by 2050 is possible for inland waterway shipping. Unlike sea shipping, slower sailing plays less of a role in inland waterway shipping. Fuel saving technologies and the use of LNG as a fuel source have greater and more secure potential for inland waterway shipping than for sea shipping. A condition of using LNG is that the amount of released methane slip is reduced; otherwise, the CO₂ reduction is minimal. As with sea shipping, the use of end-of-pipe technologies substantially reduces inland waterway shipping's NO_x and PM₁₀ emissions: 84% and 100%, respectively.

When we compare the maximum reduction potential to internationally formulated objectives, the targets set for SO₂, NO_x and PM₁₀ are achievable, especially through the application of end-of-pipe technologies. Greater uncertainty exists pertaining to the objectives set for CO₂ emissions.

Implementation of emission reduction options

It is in principle the responsibility of the sea and inland waterway shipping firms to implement the technologies and measures required to render the sector more sustainable, including a higher level of organisation or improved logistics efficiency. This does not always occur, however. Various obstacles can prevent successful implementation from occurring. We can divide these obstacles into market imperfections, technical and legal barriers, and other obstacles.

In some cases, the government can reduce or remove these obstacles. For this, the government has various policy options at its disposal: opportunities and associated instruments that the Dutch government can deploy in order to render sea and inland waterway shipping more sustainable. But the Netherlands is extremely limited in implementing these policy options independently. Given the international character of the sector and the desire to create an equal playing field, the majority of decisions pertaining to sea and inland waterway shipping must be taken internationally.

Obstacles and opportunities for the government

The policy options for removing obstacles are divided into options that promote the dissemination of emission reduction technologies and options that promote innovation. The impression is that the dispersion of emission-reducing technologies poses the greatest challenge for sea and inland waterway shipping, and not innovation. We therefore restrict ourselves to policy options that remove obstacles to emissions reduction.

The key market imperfection that applies to all factors in Figure S1 is ‘environmental externality’: a price is not applied to emissions. Governmental instruments, such as emission taxes, emission trading, standards and agreements, can remove this obstacle. In addition, the ‘information asymmetry’ obstacle can be removed through information dissemination. The risk-aversion and restraint displayed by shipowners, shipbuilders and shipping companies also plays a role. Finally, a ‘split incentive’ is also a factor: the benefits of investing do not accrue to the same party as the costs. Financial measures, such as including fuel costs in rates, can result in a fairer division of benefits and hence serve as a solution.

Technical obstacles primarily play a role in as far as they reduce the loading space. Legal obstacles derive from international regulations. Adapting to international conventions can offer a solution, and this also applies to adherence with international safety standards, as the lack thereof impedes the construction of infrastructure for LNG fuel, for example. Conversely, there are perhaps good other reasons than improving sustainability for not changing international regulations.

Various aspects fall under the ‘other obstacles’ category, including a lack of incentives (the sector derives no immediate benefit from implementing end-of-pipe technologies, for instance), high net costs, the lack of investment space, the impact of the economic crisis, uncertain fuel prices, the long life-spans of ships, reduced availability and high costs of alternative energy sources, such as wind and solar energy, and alternative fuel sources, such as LNG and biofuels.

An additional issue for inland waterway shipping is the very nature of the inland waterway shipping market, which is comprised of many small, conservative companies that, owing to competition, focus on short-term returns.

The government can help remove the identified obstacles by implementing financial measures, such as promoting end-of-pipe technologies, and reaching agreements aimed at promoting greater collaboration within the inland waterway shipping sector.

Literatuur

- Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) (2012). *Mogelijkheden om het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de binnenvaart te reduceren*. Straatsburg: CCR
- CE Delft (2013). *Towards sustainable maritime shipping and inland navigation in 2050*. Delft: CE Delft.
- CE Delft (2012). *Regulated slow steaming in maritime transport*. Delft: CE Delft.
- Centraal Planbureau (CPB) (2010). *Innovatief klimaatbeleid*. CPB notitie. Den Haag: CPB.
- DNV (2010). *Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030*. Noorwegen: DNV.
- Dijkgraaf, E., Jong, J.M. de, Spijkerman, M. & Tanis, O. (2009). *Effectiviteit convenanten energiebeleid*. Rotterdam: SEOR, Erasmus School of Economics, Erasmus Universiteit Rotterdam.
- European Environment Agency (EEA). *The impact of international shipping on European air quality and climate forcing*. Copenhagen: EEA.
- European Environment Agency (EEA) (2011). *Environmental tax reform in Europe: opportunities for eco-innovation*. EEA Technical report no 17/2011. Copenhagen: EEA.
- Europese Commissie (2004). *Aanpassing van de wetgevingen van de lidstaten inzake maatregelen tegen de uitstoot van verontreinigende gassen en deeltjes door inwendige verbrandingsmotoren die worden gemonteerd in niet voor de weg bestemde mobiele machines*. Brussel: EU-richtlijn 2004/26/EC
- Endresen, Ø., Sørgard, E., Sundet, J.K., Dalsøren, S.B., Isaksen, I.S.A., Berglen, T.F., Gravier, G. (2003). *Emission from international sea transportation and environmental impact*. Journal of Geophysical research 108, 4560.
- Faber, J., Nelissen, D., Hon, G., Haifeng, W. & Tsimplis, M. (2012). *Regulated slow steaming in maritime transport*. Delft: CE Delft.
- INE, EBU et al. (2011) *Setting the course - A new transport policy*. E.S.O. European barge union, Inland Navigation Europe, Brussels.
- EMEP 2012, *Transboundary Acidification Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe 2010*.
- European Commission (2010). *Regulating Air Emissions from ships*. Luxemburg: Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability.
- Faber, J., Behrends, B., Lee, D.S., Nelissen, D. & Smit, M. (2012). *The fuel Efficiency of maritime transport. Potential for improvement and analysis of barriers*. Delft: CE Delft.
- Geerlings, H. & Kuipers, B. (2012). *Systeemvernieuwing Binnenvaart*. Den Haag: RWS
- Goulder, L.H. & Parry, I.W.H. (2008). *Instrument Choice in Environmental Policy*. Review of Environmental Economics and policy, volume 2, issue 2 2008, pp 152-174.
- Greendead LNG Rijn en Wadden. <http://www.ondernemendgroen.nl/SiteCollectionDocuments/OndernemendGroen/B124%20-%20Green%20Deal%20LNG%20Rijn%20en%20Wadden.pdf>
- Hekkert, M. en Ossebaard, M. (2010). *De innovatiemotor. Het versnellen van baanbrekende innovatie*. Assen: van Gorcum.
- IMO (2009). *Second IMO GHG Study*. Londen: IMO.
- Jaffe, A.B., Newell, R.G. & Stavins, R.N. (2005). *A tale of two market failures: technology and environmental policy*. Ecological economics 54 (2005), 164-174.
- Junginger, M., Visser, E. de, Hjort-Gregersen, K., Koornneef, J., Raven, R., Faaij & A., Turkenburg, W. (2006). *Technological learning in bioenergy systems*. Energy Policy 34 (2006) 4024-4041.
- KiM (2011). *Naar duurzaam wegverkeer in 2050*. Den Haag: KiM.
- KiM (2013a). *Quick scan duurzame luchtvaart 2050*. Den Haag: KiM.
- KiM (2013b). *Naar duurzaam wegverkeer in 2050 (deel 2)*. Den Haag: KiM.
- KiM (2013 c). *Gevolgen Market Based Measures CO2-emissiereductie zeevaart voor Nederland*. Den Haag: KiM.
- KNVR (2013). *Groen en krachtig varen*. Rotterdam: Koninklijke Nederlandse Vereniging van Reders.
- Lowell, D., Wang, H., Lutsey, N. (2013). *Assessment of the fuel cycle impact of liquefied natural gas as used in international shipping*. The International Council of Clean Transportation.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2014). *Visie Duurzame Brandstoffenmix*. Deelrapport Brandstofafel Scheepvaart. Den Haag: MinlenM

- Nelissen, D. & Faber, J. 2014. *Economic impacts of MRV of fuel and emissions in maritime transport*. Delft: CE Delft.
- Port of Rotterdam (2013). *Havensie 2030*. Rotterdam: Port of Rotterdam.
- Resource Analysis (2008). *Analyse van de implicaties voor Vlaanderen van beleidsmaatregelen voor de internationale scheepvaart inzake klimaat en verzurende emissies*. Antwerpen: Resource Analysis en CE Delft.
- Tweede Kamer (2013). *Parlementair onderzoek Kosten en effecten klimaat-en energiebeleid*. Den Haag: Tweede Kamer.
- Verbeek, R, Nigterink, N., Meulenbrugge, J., Koornneef, G., Kroon, P., Wilde, H de., Kampman, B., Croezen, H. & Aarnink, S. (2013). *Natural gas in transport*. Delft: CE Delft, TNO, ECN.
- Verberk, A. (2010). *Advies binnenvaartambassadeur*.
- Wee, B. Van (2009). *Transport policy: what can it do and what can't it do?* Proceedings European Conference 2009.

Bijlagen

Bijlage A. Het Business-as-Usual (BAU) scenario

De reductiepotentiëlen en hun CO₂, NO_x, SO₂ en PM₁₀-effecten worden afgezet tegen een referentie-scenario, het zogeheten BAU-scenario.

Zoals in hoofdstuk 1 al is aangegeven vermelden we hier ter volledigheid dat alle scenario's gebaseerd zijn op de drie factoren MJ/km, CO₂/MJ en filtering.

Totstandkoming van de BAU

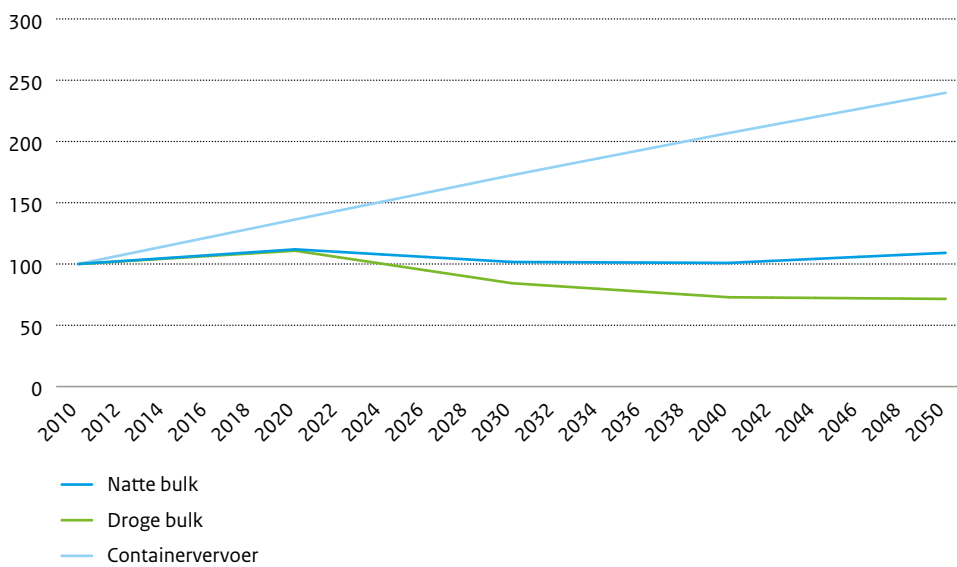
Het BAU-scenario beschrijft de emissies aan de hand van de autonome ontwikkelingen in de zee- en binnenvaart en houdt rekening met al vastgestelde en lopende reductiemaatregelen.

- De autonome ontwikkelingen wordt beschreven aan de hand van de overslag van lading zoals die gebruikt zijn in de scenario's opgesteld door de haven van Rotterdam (ref: PoR 2013). De haven van Rotterdam heeft hiertoe het TRANSTOOL-model van de EU aangepast aan trends als schaalvergroting in het containervervoer, de capaciteit van olieraffinaderijen en dergelijke. Idealiter zou de scheepsactiviteit beschreven worden via de parameter tonkilometers, maar omdat bestaande scenario's in Nederland gebaseerd zijn op havenaanlopen en de overslag van lading, zijn geen gegevens over tonkilometers bekend. Over overslag zijn die gegevens er wel. Voor zowel de zeevaart als de binnenvaart wordt voor de overslag een onderscheid gemaakt in het soort overslag: natte bulk, droge bulk en containers. Bij de zeevaart wordt daarnaast ook nog een onderscheid gemaakt op basis van de afgelegde routes: short sea shipping (SSS) en deep sea shipping (DSS).
- De SO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissies in de zeevaart worden beschreven op basis van de emissiegegevens van de Nederlandse Emissie Autoriteit (NEA) op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat en de havenaanlopen in 2010. De CO₂-emissie worden beschreven op basis van de EXTREMIS database die ook de EC gebruikt.
- De SO₂-emissie in de binnenvaart is verwaarloosbaar vanwege de huidige wet- en regelgeving over het zwavelgehalte van brandstof. Voor CO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissie worden de gegevens van de NEA gebruikt. De NEA levert geen emissiegegevens uitgesplitst naar ladingsoort. Om dit onderscheid wel te kunnen maken zijn twee databases gebruikt: Het TREMOVE-model van de Universiteit van Leuven en gegevens van het CBS.
- De Energy Efficiency Design Index (EEDI): volgens deze index moet nieuwe schepen voldoen aan afgesproken standaarden die tot een verbetering van de brandstofefficiëntie leiden. De EEDI leidt in 2050 tot een reductiepotentieel variëren van 4% voor droge bulk en containers op SSS-routes tot 14% voor natte bulk op DSS-routes. Naast de EEDI bestaat ook een Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). Deze SEEMP moet tot een groter bewustzijn voor een efficiënter gebruik van brandstof leiden. Maar omdat het effect onzeker, is dit niet meegenomen in de BAU.
- Sulphur Emission Control Area's (SECA's): SECA indices zijn bedoeld om de SO₂-emissie in afgesproken gebieden met 90% te reduceren. Het Nederlands Continentaal Plat is één van de SECA's
- IMO Annex VI reguleert de SO₂-emissie in bepaalde gebieden zoals de Noordzee: het zwavelgehalte dient 0,1% te zijn in 2015.
- Modal shift: er is voor de binnenvaart rekening gehouden met een modal shift gebaseerd op een toename in concurrentie (RWS 2012) en niet op basis van de beoogde (op basis van politiek ambitie) modal split voor Maasvlakte II.

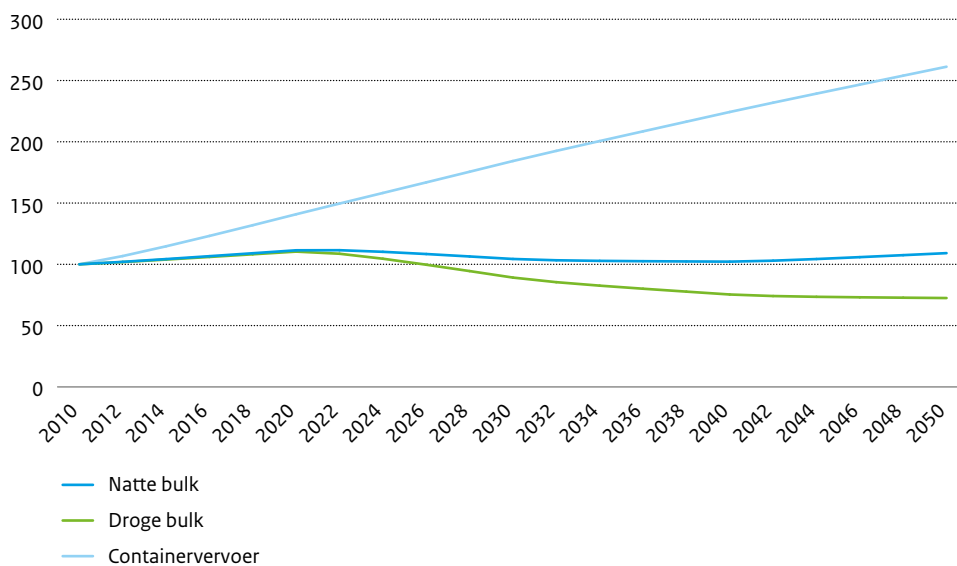
BAU's

Op basis van het bovenstaande zijn de volgende BAU-scenario's 2010-2050 berekend, geïndexeerd op 2010. Op de Y-as staat de scheepsactiviteit uitgedrukt in de overslag, op de x-as de periode 2010-2050. Het algemene beeld is dat alle emissies in zowel de zee- als de binnenvaart zullen stijgen in de periode 2010-2050 door de groei van het containertransport. Alleen de emissies voor droge bulk dalen omdat deze vorm van transport afneemt. Door instelling van SECA's daalt de SO₂-emissie in de zeevaart

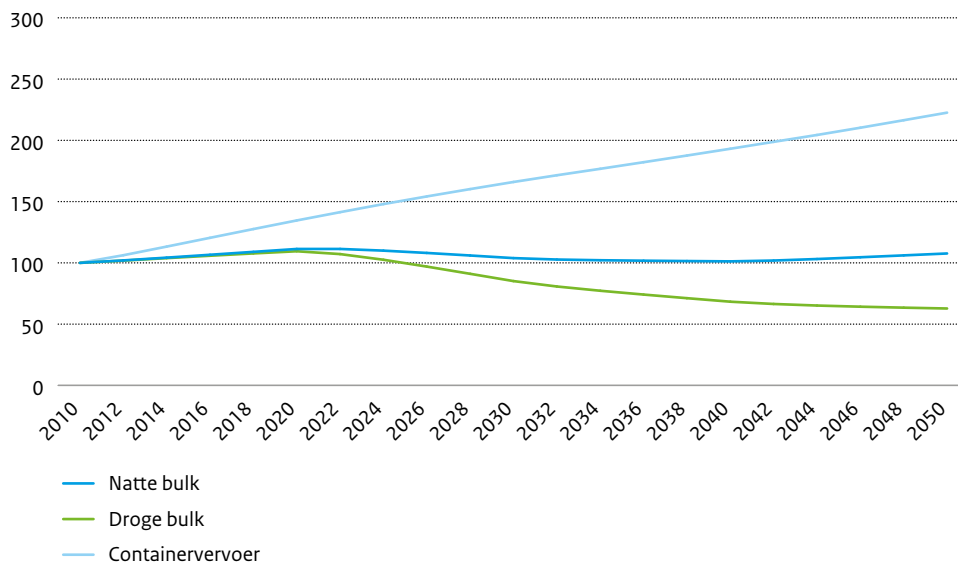
Figuur A1 De BAU zeevaartactiviteit. Het containertransport stijgt sterk (139%), de natte bulk blijft ongeveer gelijk (9% groei), terwijl het vervoer van droge bulk na 2020 afneemt met 29%.



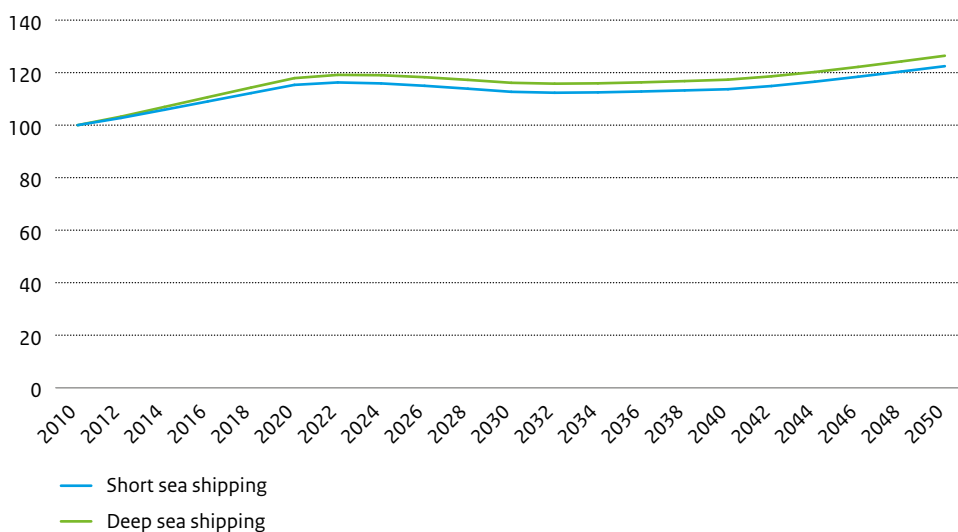
Figuur A2 De BAU binnenvaartactiviteit vertoont hetzelfde beeld als dat van de zeevaart, alleen groeit het containervervoer sterker (157%).



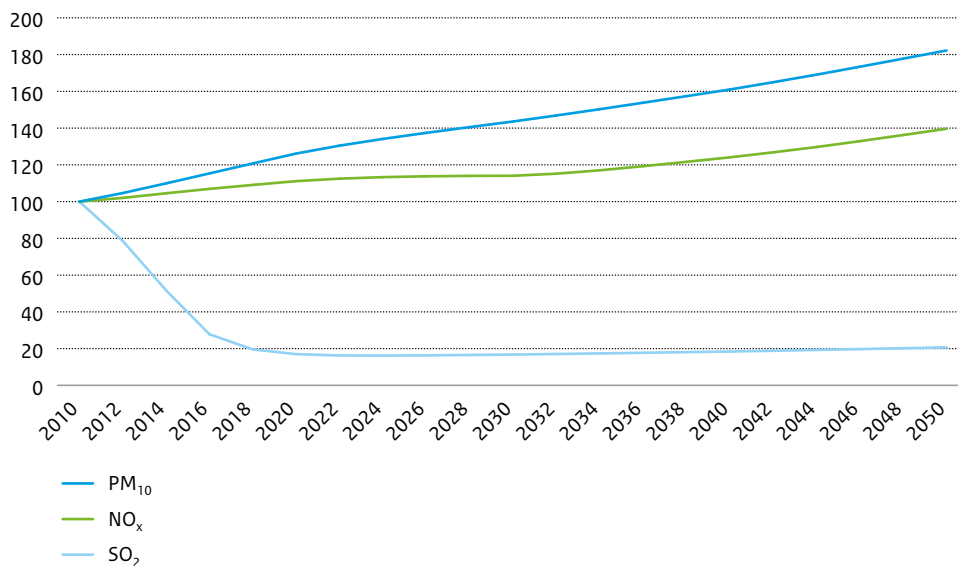
Figuur A3 De BAU CO₂-emissies in de zeevaart uitgesplitst naar ladingsoort.



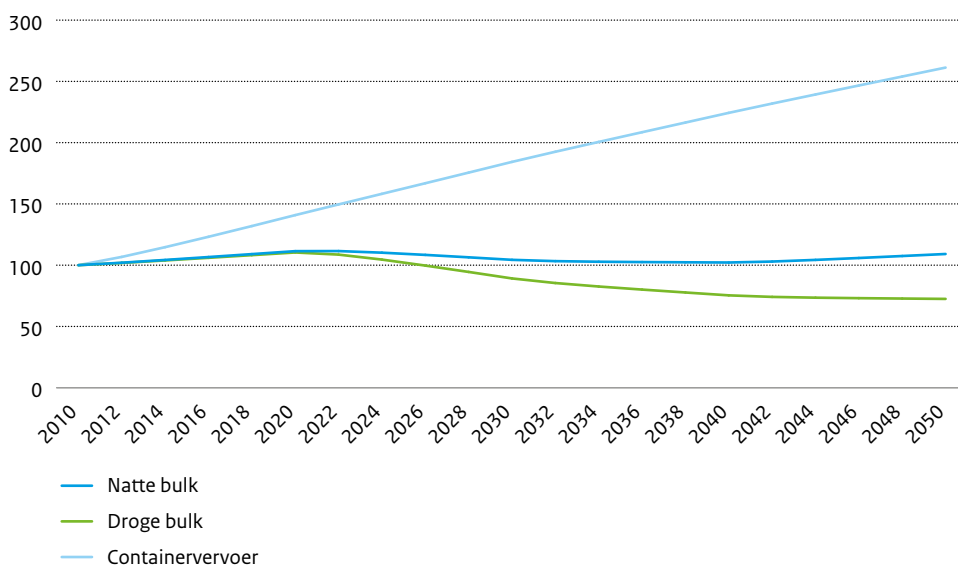
Figuur A4 De BAU CO₂-emissies in de zeevaart uitgesplitst naar SSS en DSS.



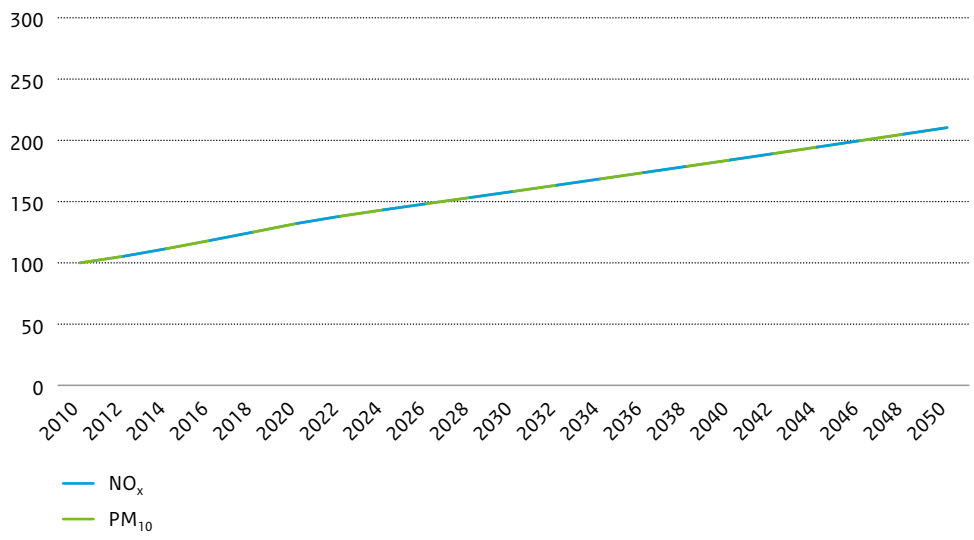
Figuur A5 De BAU NO_x-, SO₂- en PM₁₀-emissies in de zeevaart.



Figuur A6 De BAU CO₂-emissies in de binnenvaart uitgesplitst naar ladingsoort.



Figuur A7 De BAU NO_x- en PM₁₀-emissies in de binnenvaart.



Bijlage B. Reductieopties in de zee- en binnenvaart

In deze bijlage gaan we in op de reductieopties in respectievelijk de zee- en binnenvaart aan de hand van opties die leiden tot een reductie van achtereenvolgens de hoeveelheid energie per transporteenheid, de hoeveelheid emissie per energie-eenheid en de end-of-pipe technologieën.

De tabellen in deze bijlage geven maximale reductiepotentiëlen weer. Deze zijn niet zonder meer bij elkaar op te tellen. Voor een uitgebreidere toelichting op de verschillende technologieën wordt verwezen naar het CE Delft rapport.

Bijna alle technieken kunnen vanaf 2015 toegepast worden, toepassing van windenergie is voorzien vanaf 2020. Toepassing in de vloot (penetratiegraad) is voor een aantal operationele maatregelen zoals langzamer varen, optimalisatie van snelheid en reis, optimalisatie van ballast al voor 100% mogelijk in 2015. Voor een groot aantal technische opties is de penetratiegraad 100% in 2030, zoals gebruik van scrubbers, selective catalytic reduction en efficiëntere motoren. Van sommige technieken is de penetratiegraad geen 100%. Zo is voorzien dat 50% van de binnenvaartschepen in 2025 LNG zal gebruiken; voor natte bulk is dit 14% (DSS) respectievelijk 29% (SSS). De penetratiegraad van biobrandstoffen zal in 2030 30% zijn.

Zeevaart

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid energie per transporteenheid

In tabel B.1 staan de reductieopties die leiden tot een reductie in de hoeveelheid energie per transporteenheid. Het grootste CO₂-reductiepotentieel komt voort uit verbeteringen aan de motor (maximaal 20%), gevolgd door verbeteringen in de romp-schroef interacties (maximaal 14%) en aan het rompoppervlak (maximaal 12%). Reductie in de NO_x-, SO₂- en PM₁₀-emissies spelen hier geen rol.

Tabel B1 Reductieopties op het gebied van de hoeveelheid energie per transporteenheid in de zeevaart

	CO ₂
Hull form optimisation and optimisation of propeller-hull interaction	
Optimal main dimensions	1 - 3%
Design for service	5 - 8%
Hull improvement	1 - 5%
Propeller-hull interaction	-2 - 14%
Hull and propeller surface treatment and maintenance	
Hull surface treatment	8 - 12%
Air lubrication	10%
Propeller surface treatment	5 - 7%
Long term reduction options	
Whale-tail / O-foil propulsion	10%
Engine related measures	Max. 20%
Waste heat recovery	8 - 10%
Speed and voyage optimisation	1 - 10%
Trim and ballast optimisation	0.5 - 5%

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid emissie per eenheid energie

In tabel B.2 staan de reductieopties die leiden tot reductie in de hoeveelheid CO₂-, SO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissie per eenheid energie. De hoogste CO₂-reductie is te behalen met de overstap naar windenergie (max 30%) en het gebruik van LNG als brandstof (max 25%). Maximale NO_x-reductie kan bereikt worden met nieuwe waterinjectietechnologieën, maximale reductie van PM₁₀ en SO₂ met LNG, waarmee weliswaar niet de maximale NO_x-reductie behaald kan worden (80%), maar wel een substantiële (60%).

Tabel B2 Reductieopties op het gebied van de hoeveelheid emissie per energie-eenheid in de zeevaart

	CO ₂	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
Optimisation of combustion process				
Water injecting technologies		20-80%		
Alternative fuels				
Biofuels (5% blend)	0-4%			
Emulsified fuels		10-60%		
LNG	20-25%	60%	72%	90-100%
Low-sulphur fuels			20%	80%
Alternative power sources				
Wind power	5-30%			
Solar power	0-4%			
OPS	0-5%	0-5%	0-5%	0-5%

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid emissie door end-of-pipe technologieën.

In tabel B.3 staan de reductieopties die leiden tot een reductie in de hoeveelheid emissie, SO₂, NO_x en PM₁₀ door toepassing van end-of-pipe technologieën. Het gebruik van scrubbers vermindert de PM₁₀- en SO₂-emissie met 80-95%. Met selectieve katalytische reductie is de NO_x-emissie bijna tot nul te reduceren.

Tabel B3 Reductieopties op het gebied van de end-of-pipe technologieën in de zeevaart

	CO ₂	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
Scrubber			80-85%	90-95%
Selective Catalytic Reduction		90-99%	25-40%	
Exhaust Gas Recirculation		20-85%		
OPS	0-5%	0-5%	0-5%	0-5%

Binnenvaart

Inleiding

Het verschil tussen de zee- en binnenvaart is dat de binnenvaart in veel rustiger en ondiep water vaart. Bovendien vereist het nauwkeuriger manoeuvreren in binnenwateren striktere voorwaarden.

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid energie per transporteenheid.

In tabel B.4 staan de reductieopties die leiden tot een reductie in de hoeveelheid energie per transporteenheid. De maximale CO₂-reductie (25%) is te realiseren met het nuttig gebruik van verloren warmte.

Tabel B4 Reductieopties op het gebied van de hoeveelheid energie per transporteenheid in de binnenvaart

	CO ₂	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
Hull form optimisation and optimisation of propeller-hull interaction	15-20%			
Engine	15-20%			
Diesel-electric propulsion	10%			
Waste heat recovery	25%			
Speed and voyage optimisation	5-10%			
Trim and ballast optimisation	N.a.			

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid emissie per eenheid energie.

In tabel B.5 staan de reductieopties die leiden tot een reductie in de hoeveelheid emissie CO₂, SO₂, NO_x en PM₁₀ per eenheid energie. Net als bij de zeevaart leidt de overstap naar LNG als brandstof tot de optimale emissiereductie voor CO₂ (80%), SO₂ (20%), NO_x (97%) en PM₁₀ (100%). Alleen met laag-zwavelige brandstof kan de SO₂-emissie nog sterker worden gereduceerd (80%).

Tabel B5 Reductieopties op het gebied van de hoeveelheid emissie per energie-eenheid in de binnenvaart.

	CO ₂
Hull form optimisation and optimisation of propeller-hull interaction	
Optimal main dimensions	1-3%
Design for service	5-8%
Hull improvement	1-5%
Propeller-hull interaction	-2-14%
Hull and propeller surface treatment and maintenance	
Hull surface treatment	8-12%
Air lubrication	10%
Propeller surface treatment	5-7%
Long term reduction options	
Whale-tail/O-foil propulsion	10%
Engine related measures	Max 20%
Waste heat recovery	8-10%
Speed and voyage optimisation	1-10%
Trim and ballast optimisation	0.5-5%

Opties die leiden tot een reductie van de hoeveelheid emissie door end-of-pipe technologieën.

In tabel B.6 staan de reductieopties die leiden tot een reductie in de hoeveelheid emissie, SO₂, NO_x en PM₁₀ door toepassing van end-of-pipe technologieën. De PM₁₀-emissie kan het best gereduceerd worden met gesloten PM-filters (95%), de NO_x-reductie via selectieve katalytische reductie (80%).

Tabel B6 Reductieopties op het gebied van de end-of-pipe technologieën in de binnenvaart.

	CO ₂	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
Selective Catalytic Reduction	8%	81%	35%	
Particulate matter filters				
- closed filters			95%	
- half-open filters			40-50%	

Bijlage C. Kaders voor beleidsopties

Eerst schetsen we enkele kaders waarbinnen de overheid beleidsopties kan ontwikkelen. Pas dan is het zinvol in te gaan op de belemmeringen die implementatie van duurzame technieken in de zee- en binnenvaart tot 2050 bemoeilijken. Tot slot kunnen de beleidsopties die de overheid heeft om deze belemmeringen (gedeeltelijk) op te heffen aan de orde komen.

Deze kaders betreffen:

- de verschillende overheidsrollen die het KiM onderscheidt;
- beleidsopties in twee pijlers: emissiereductie en innovatie;
- de verschillende speelvelden (wereldwijd, Europees en nationaal) waarop de zee- en binnenvaart opereert;
- het verschil tussen een marktbelemmering en een marktimperfectie;
- de relatie tussen marktimperfecties en marktfasen.

De onderstaande tekst is grotendeels overgenomen uit KiM 2013 a en KiM 2013b.

Overheidsrollen

Overheden kunnen handelen vanuit diverse rolopvattingen. We onderscheiden vier basisrollen: regulator, facilitator, realisator en communicator. Bij deze rollen passen op een wat minder abstract niveau verschillende instrumenten. De volgende afbeelding geeft een overzicht van de basisrollen en voorbeelden van bijbehorende overheidsinstrumenten. De voorbeelden zijn niet uitputtend. Deze indeling is in principe toepasbaar voor alle beleidsterreinen. Bij elke rol passen ook meerdere beleidsinstrumenten.

Figuur C1 Afbeelding Overheidsrollen en voorbeelden van bijbehorende activiteiten.

REGULATOR <ul style="list-style-type: none">• Gebieden of verbieden• Normeren• Financiële instrumenten (verplicht; ontmoedigend of bonus / malus)	FACILITATOR <ul style="list-style-type: none">• Financiële instrumenten (vrijwillig; stimulerend)• Vrijwillige afspraken• Partijen bij elkaar brengen• Transparantie vergroten
REALISATOR <ul style="list-style-type: none">• Aanbesteden / inkopen• Zelfbouwen / aanleggen• Zelf uitvoeren	COMMUNICATOR <ul style="list-style-type: none">• Voorlichting• Benchmarking• Naming and faming• Uitdragen van visies

Bron: KiM, 2013a

Voor een juist gebruik (KiM, 2013a) plaatsen we twee kanttekeningen bij bovenstaande indeling van de basisrollen en de bijbehorende overheidsinstrumenten.

De eerste is dat de overheid in de praktijk bij een bepaald beleidsdossier vaak vanuit meerdere rollen opereert. Deze rollen veranderen bovendien in de tijd. Daarnaast zijn er meerdere overheden, bijvoorbeeld de Europese commissie, de nationale overheden of de regio's, bij het vraagstuk betrokken. Deze overheden kunnen verschillende rollen hebben.

De tweede kanttekening is dat valt te twisten over de definitie van de rollen en over de vraag of sommige activiteiten bij de ene of de andere rol horen. Is de overheid als launching customer faciliterend of speelt zij de rol van realisator – de overheid koopt immers iets in? En hoe zit het met het wegnemen van belemmerende regelgeving? Is dat de rol van de regulator of van de facilitator? De werkelijkheid is divers en multidimensionaal. Deze indeling brengt die diversiteit teruggebracht tot een handzaam aantal categorieën. Dit biedt handvatten om systematisch na te denken over beleidsopties.

De uiteindelijke keuze voor een type rol is vooral politiek-bestuurlijk gedreven. Daarbij speelt een afweging tussen meerdere criteria, zoals effectiviteit en efficiëntie aan de ene kant versus een eerlijke verdeling van de lusten en lasten en maatschappelijk draagvlak aan de andere kant. Ook de vraag of er – naast de verduurzaming van het wegverkeer – andere belangen in het spel zijn, zoals een 'verdienpotentieel' voor de Nederlandse economie, kan een rol spelen bij de beleidskeuzes. Een win-win situatie op alle criteria is vaak niet mogelijk.

Regulator

Bij de rol van regulator komt een hoge mate van dwang kijken. Dit kan door bepaalde activiteiten of gedragingen te ge- of verbieden, door normen te stellen of door financiële prikkels in te bouwen die bepaald gewenst gedrag afdwingen, omdat het alternatieve gedrag voor een deel van de doelgroep te duur is. In de literatuur over emissiereductie hebben overheden meestal de rol van regulator.

Facilitator

In de rol van facilitator gaat het juist niet om dwang, maar om het scheppen van voorwaarden die derden tot het gewenste gedrag stimuleren. Dit kan door financiële prikkels in te bouwen die bepaald gedrag belonen, zonder daarmee het ongewenste gedrag te ontmoedigen. Het kan ook door partijen onderling (of met een overheid) vrijwillige afspraken te laten maken, of door partijen bij elkaar te brengen om kennis te delen. Daarnaast valt te denken aan het vergroten van de transparantie, bijvoorbeeld via certificering of een keurmerk, zodat relevante betrokkenen op basis van betere informatie hun keuzes kunnen maken.

Realisator

Als realisator zorgt de overheid zelf actief voor de totstandkoming van een bepaald goed of dienst. Dit kan door zelf de productie hiervan ter hand te nemen of door hiervoor opdracht te geven aan een marktpartij. Op het gebied van emissiereducties is de rol van realisator over het algemeen beperkt. De overheid bouwt zelf geen vliegtuigen en investeert ook niet in productie-installaties van CO₂-arme brandstoffen. Wel is het mogelijk dat de overheid via haar rol als realisator indirect invloed heeft op emissies, bijvoorbeeld door infrastructuur aan te leggen waarmee zuiniger vervoerswijzen worden gestimuleerd. Daarnaast is de overheid zelf soms ook 'consument' en kan zij via inkoopbeslissingen bijdragen aan emissiereductie.

Communicator

Als communicator heeft de overheid vooral een informerende rol. Dit kan bijvoorbeeld door voorlichting te geven, door informatie te verstrekken over (milieu)prestaties van bedrijven, producten of diensten en eventueel goede prestaties te loven. De overheid geeft daarnaast richting aan de samenleving door duidelijk te communiceren over haar beleidsvisies.

Beleidsopties aan de hand van twee pijlers: emissiereductie en innovatie.

Voor een duurzaam wegverkeer en een duurzame luchtvaart zijn de beleidsopties ingedeeld aan de hand van twee pijlers: de emissiereductie- en de innovatiepijler.

De emissiereductiepijler bestaat uit opties die direct leiden tot emissiereductie door verspreiding van bestaande technieken. Deze opties betreffen bijvoorbeeld een heffing op emissie of brandstof, emissiehandel inclusief de instelling van een emissieplafond, normering en het zorgen voor vrijwillige afspraken tussen marktpartijen.

De innovatiepijler bevat opties die allereerst leiden tot meer innovatie en mogelijk op de langere termijn ook tot emissiereducties (KiM 2013a en KiM 2013b). Beleidsopties onder deze pijler betreffen stimulering van research and development, het toekennen van R&D-subsidies of subsidies die zorgen voor een tijdelijk voordeel in nichemarkten, proeftuinen en dergelijke, het verbeteren van randvoorwaarden zoals het invoeren van standaarden en het optreden als launching customer, bijvoorbeeld door de aankoop van schepen met nieuwe technologieën.

De grens tussen beide pijlers is niet scherp. Ook beleidsopties die onder de emissiereductiepijler vallen, zoals brandstofheffing kunnen tot innovatie leiden.

Voor beleidsopties die vallen onder de emissiereductiepijler is de voornaamste overheidsrol die van regulator, voor opties die vallen onder de innovatiepijler is de overheidsrol vooral die van facilitator (KiM 2013b). De opties in de rol van regulator bieden over het algemeen iets meer zekerheid over het te bereiken effect dan die in de rol van facilitator, in samenhang met de aard van de rol. Het gaat om dwingend versus stimulerend. Veel hangt ook nog af van het specifieke ontwerp, de mate van handhaving, mogelijkheid tot bijsturen en dergelijke. Zijn bijvoorbeeld in een covenant sancties opgenomen voor het geval de afgesproken doelen niet worden gehaald? En ook binnen de regulatorrol zijn er grote verschillen in de kans op effect. Zo kunnen partijen bij een emissieheffing ervoor kiezen die gewoon te betalen zonder emissiereducterende maatregelen te nemen. Dat is efficiënt, maar niet effectief.

We geven van beide pijlers voorbeelden van beleidsopties. De toelichtingen op de verschillende overheidsinstrumenten zijn letterlijk ontleend aan het KiM-rapport 'Beleidsopties voor vermindering van de CO₂-uitstoot van het wegverkeer' (KiM 2013b).

Voorbeelden van beleidsopties onder de pijler emissiereductie zijn emissie- of brandstofheffing, emissiehandel, normering en het opstellen van convenanten.

Emissieheffing/brandstofheffing

Een emissieheffing draagt bij aan het internaliseren van maatschappelijke CO₂-kosten. Met het internaliseren van CO₂-kosten snijdt het mes aan twee kanten. Het gebruik van fossiele brandstoffen wordt duurder gemaakt en daarmee ontmoedigd. Tegelijkertijd stimuleert het alle reductieopties met meer kosten beneden de CO₂-prijs. Partijen die de CO₂-kosten ervaren, zullen rendabele reductieopties zo veel mogelijk doorvoeren. De markt voor fossiele opties verkleint, die voor CO₂-reductieopties vergroot. De markt selecteert zelf welke reductieopties wel en niet rendabel zijn en houdt daarin automatisch rekening met zaken als verborgen kosten, disnut en kwaliteitsverlies.

Als de externe kosten nu zouden worden geïnternaliseerd, levert dit een bepaalde hoeveelheid emissiereductie op, maar de vraag is of dit leidt tot 40 procent emissiereductie ten opzichte van 2005, zoals het beleidsdoel voor de zeevaart is. Hoe sterk partijen reageren op een prijsverhoging, hangt onder meer ook af van de elasticiteit van hun vraag en van alternatieven die voorhanden zijn. In principe geldt: hoe hoger de heffing, hoe hoger de emissiereductie.

Emissiehandel (cap-and-trade)

Het principe van emissiehandel is dat partijen die emissies uitstoten beschikken over emissierechten – en wel minder dan waar vraag naar is. Zo is er schaarste en komt er een prijs voor emissierechten tot stand. Dit is ook een vorm van internaliseren van CO₂-kosten. Het verschil met een emissieheffing is dat op voorhand niet bekend is wat de CO₂-prijs wordt en of deze de maatschappelijke kosten geheel of

gedeeltelijk internaliseert. De mogelijkheid bestaat zelfs dat er teveel maatschappelijke kosten worden verrekend. Emissiehandel geeft echter wel zekerheid over het effect, namelijk dat de emissies binnen het plafond blijven. Emissiehandel kent veel ontwerpknoppen, zoals het plafond, het veilen of gratis weggeven van rechten. Zie hiervoor ook onderstaand kader.

Overeenkomsten en verschillen emissieheffing en emissiehandel

Overeenkomsten Beide geven CO₂ een prijs in de markt. Beide zorgen voor een prikkel tot emissiereductie bij de knoppen vaartuigefficiëntie en brandstof. De reductieopties die het goedkoopste zijn, zullen als eerste worden gerealiseerd.

Het politieke draagvlak is voor beide meestal niet groot, maar kan door het specifieke ontwerp wel groeien (heffing/plafond minder streng, inkomsten uit heffing/veiling terugsluizen, emissierechten (deels) gratis weggeven en dergelijke), maar dit heeft wel zijn weerslag op de effectiviteit en efficiëntie van de maatregel.

Omdat CO₂ ontstaat door de verbranding van fossiele brandstoffen, ligt het voor de hand om de heffing/emissiehandel toe te passen in de brandstofketen. Dit kan op verschillende niveaus, bijvoorbeeld bij producenten (oliemaatschappijen), leveranciers, distributeurs of gebruikers (bevrachters van schepen) van fossiele brandstoffen. Bij de keuze kunnen overwegingen van effectiviteit (een zo groot mogelijk deel van de brandstofketen meenemen), efficiëntie (zo veel mogelijk reductieopties stimuleren, bijvoorbeeld ook well-to-tank bij brandstofleveranciers) en transactiekosten (zo laag mogelijk, bijvoorbeeld zo min mogelijk belastingplichtigen) een rol spelen. De CO₂-prijs levert uiteindelijk een brandstofprijsstijging aan de pomp op. Dit geeft charters van schepen een prikkel voor emissiereductie via, 'vaartuigefficiëntie' (langzamer varen, aanschaf zuiniger vaartuig) en 'CO₂-intensiteit brandstof' (aanschaf vaartuig dat vaart op een alternatieve (CO₂-armere) energiedrager).

Verschillen Bij een systeem van emissiehandel kunnen partijen onderling handelen. Sommige partijen voeren emissiereducties uit, waardoor ze het kopen van emissierechten uitsparen of, bij gratis verstrekte emissierechten, rechten overhouden die ze kunnen verkopen aan andere deelnemers. Bij een emissieheffing betaalt een partij de CO₂-prijs of spaart die uit door CO₂-reductieopties te treffen; er is dus geen sprake van overdracht tussen partijen, behalve naar de heffende instantie. De transactiekosten onder beide systemen zijn dus verschillend evenals de mogelijkheden om onder betaling van de CO₂-prijs uit te komen. Dit heeft ook gevolgen voor het draagvlak voor het instrument bij partijen. Een ander belangrijk verschil tussen een emissieheffing en emissiehandel is dat bij een heffing op voorhand niet duidelijk is hoeveel emissiereductie zal plaatsvinden, maar wel hoe hoog de CO₂-prijs (=de emissieheffing) is. De kosten voor de partijen die de heffing moeten betalen zijn gemaximeerd. Bij emissiehandel, waar in het systeem ingebakken zit dat er een plafond is aan het aantal rechten, is de emissiereductie wel op voorhand duidelijk, maar de CO₂-prijs (=emissierechtenprijs) niet. Daardoor kunnen de kosten voor bedrijven mee- of tegenvallen. Om efficiënt te zijn, moet de overheid het emissieplafond zo afstellen dat de prijs van emissierechten uitkomt op of rond een efficiënt niveau. Dit is geen sinecure, omdat daarvoor kennis nodig is over de kosten van reductieopties. (Zie ook de huidige problemen rond het EU-ETS, waar wel het emissiereductiedoel wordt gehaald, maar dit eigenlijk komt door een tegenvallende economische groei met vraaguitval als gevolg en niet door benutting van reductieopties. Was de prijs van emissierechten die bij aanvang van het ETS werd verwacht, vastgelegd in een emissieheffing, dan zou de bereikte emissiereductie nu veel hoger zijn.)

Er is veel discussie onder economen of het efficiënter is met een emissieheffing of met emissiehandel te reguleren (price versus quantity regulation). Dit blijkt sterk af te hangen van de omstandigheden, zoals de steilte van kostencurves: er is meer dan één antwoord mogelijk.

Toepassing van emissiehandel of emissieheffing in de scheepvaart leidt tot vragen zoals: moet elk schip rechten krijgen? Hoe het zit met de handhaving? (KiM 2013c).

Normen

Ook een norm is een mogelijke beleidsoptie om CO₂-kosten te internaliseren. Deze werkt alleen niet direct op de prijs van emissies, maar indirect doordat aan een product (een vaartuig of de brandstof) bepaalde CO₂-eisen worden gesteld, die op hun beurt (kunnen) leiden tot kosten. In de economische theorie geldt een norm op de milieuprestatie (bijvoorbeeld x gram per kilometer) als efficiënter, dus meer welvaartsverhogend, dan een norm die een specifieke technologie voorschrijft, zoals gebruik van lichtgewichtmaterialen, vanwege de grotere keuzevrijheid.

Het ontwerpen van een goede norm is complex. Er moet voldoende draagvlak zijn en vastlegging in wet- en regelgeving duurt doorgaans lang. Voor een maatschappelijk efficiënte norm moeten bij voorkeur de marginale kosten voor bedrijven die de norm krijgen opgelegd onderling niet te zeer uiteenlopen (Goulder en Parry, 2008). Dit vereist bij de overheid kennis over kosten die bedrijven moeten maken voor verschillende niveaus van emissiereductie. Dit is kennis die vooral bij bedrijven aanwezig is. Dar brengt de overheid in een afhankelijke positie, waarbij het risico van beïnvloeding ontstaat. Andere mogelijke problemen zijn: handhaafbaarheid, kosten voor monitoring, fraudegevoeligheid en de vindingskosten van bedrijven om de normstelling anders uit te leggen dan bedoeld is. De conclusie is dat de transactiekosten van een norm een serieus punt van aandacht zijn.

Vrijwillige afspraken met marktpartijen, waaronder convenanten

Convenanten zijn afspraken waarin deelnemers zich vrijwillig committeren aan het bereiken van doelen die in het convenant zijn afgesproken. In het algemeen is de effectiviteit van convenanten onzeker. Een empirische studie van de Erasmus-universiteit over convenanten op het gebied van energiebesparing concludeert zelfs dat er geen tot weinig bewijs is dat convenanten effectief zijn (Dijkgraaf et al., 2009). Effecten hangen sterk af van het ontwerp en het type afspraken dat is gemaakt over onder andere monitoring en handhaving. De vormgeving van de convenanten is dus cruciaal.

Hoewel voor de zee- en binnenvaart beleidsopties onder de emissiereductiepijler belangrijker zijn dan die onder de innovatiepijler, vermelden we ze hier voor de volledigheid kort. Voorbeelden van beleidsopties die vallen onder de pijler innovatie zijn:

- Aankondigen van toekomstige aanscherping van heffingen, normen, emissieplafonds (de beleidsopties uit de emissiereductiepijler);
- Specifieke R&D-stimulering;
- Extra waardering/stimulering van innovatieve opties binnen beleidsopties uit de emissiereductiepijler;
- Uitrobsubsidies ('Proeftuinen') en/of tijdelijk fiscaal voordeel (in nichemarkten);
- Randvoorwaarden verbeteren;
- De overheid als launching customer.

Knelpunten kunnen in de loop der tijd veranderen, bijvoorbeeld doordat reductieopties in een andere marktphase belanden. Ze gaan bijvoorbeeld van van prototype naar nichemarkt. Daarom zullen veel beleidsmaatregelen in deze groep een tijdelijk karakter hebben en in de tijd in kracht kunnen afnemen, of op een kleinere groep reductieopties van toepassing worden.

Het effect van dit type beleid is vaak moeilijk meetbaar, zodat het ook moeilijk is om goede, meetbare beleidsdoelen te stellen en te evalueren of deze gehaald worden (Jaffe et al., 2005).

Aankondigen van toekomstige aanscherping van heffingen, normen, emissieplafonds

Van het aankondigen van toekomstige aanscherping van beleidsmaatregelen gaat een innoverende werking uit. Scheepsbouw- en brandstoffabrikanten en andere partijen in de sector weten daardoor dat er een toekomstige markt is voor voertuigen en brandstoffen die aan de scherpere niveaus kunnen voldoen. Ze hebben het vooruitzicht dat hun inspanningen voor innovatie en kostprijsreductie van reductieopties in de toekomst kunnen gaan lonen. (Hekkert en Ossebaard, 2010) spreken in dit kader van 'richting geven aan het zoekproces'.)

Specifieke R&D-stimulering

Het stimuleren van R&D door de overheid komt tegemoet aan de marktperfectionen op het gebied van kennis (externe kennisbaten, first mover disadvantage). De stimulering kan zowel generiek als specifiek zijn. Generieke vormen zijn bijvoorbeeld patentbescherming en de Nederlandse WBSO³-regeling, waarvoor iedere ondernemer in Nederland die R&D verricht in aanmerking komt. Voorbeelden van specifieke stimulering zijn subsidies aan kennisinstellingen voor specifieke R&D-programma's, prijsvragen voor bedrijven, cofinanciering van specifieke R&D-voorstellen van bedrijven, het oprichten van kennisplatforms op een specifiek gebied.

De legitimatie om specifiek te stimuleren zou kunnen liggen in het feit dat er aanwijzingen zijn dat bestaande, vuile technologie evenveel of zelfs meer profiteert van generieke R&D-stimulering dan schone technologie. Dit komt doordat nieuwe kennis meestal voortborduurt op bestaande kennis: innoveren is 'pad-afhankelijk' (Hekkert en Ossebaard, 2010, p. 29). Doordat in het verleden al veel kennis is opgebouwd over vervuilde technologie, blijft deze zonder overheidsinterventie een voorsprong houden op alternatieve schone technologie, of kan deze zelf een grotere voorsprong opbouwen. Dit legitimeert gericht R&D-beleid op het gebied van alternatieve vaartuigen en brandstoffen.

Het artikel Jaffe et al. (2005) concludeert uit beschikbare praktijkvoorbeelden dat R&D-stimulering door de overheid de grootste kans van slagen heeft als bedrijven uit de betreffende sector zelf participeren, bij voorkeur in de vorm van samenwerkingsverbanden en consortia.

Ook binnen een specifiek R&D-beleid staan nog veel keuzes open. In het buitenland is bijvoorbeeld ook sprake van R&D op het gebied van schone vaartuigtechnologie en brandstoffen. De vraag is dan: waar moet Nederlandse R&D zich mee bezig houden? Deze vraag is niet vanuit de wetenschap te beantwoorden. In het algemeen geldt dat er een voorkeur is voor terreinen waar leereffecten groot kunnen zijn. Het veelgehoorde argument dat Nederland geografisch te klein is om een bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van nieuwe technologie gaat volgens het CPB in ieder geval niet op: 'De markt voor schone technologie is immers zeer heterogeen, wat betekent dat Nederland op een beperkt aantal deelmarkten wel degelijk een rol zou kunnen spelen' (CPB, 2010). Volgens het CPB zou 'de relatieve stand van kennis rondom een bepaalde technologie in een land vergeleken met andere landen een reden kunnen zijn om vooral onderzoek op een bepaald terrein te stimuleren.'

Uitrolsubsidie en/of tijdelijk fiscaal voordeel voor innovatieve reductieopties

Het opzetten van een uitrolsubsidierегeling en het tijdelijk gunnen van fiscaal voordeel aan innovatieve reductieopties leveren een bijdrage aan het wegnemen van marktperfectionen op het gebied van learning-by-doing in nichemarkten.

Randvoorwaarden verbeteren

Bij het verbeteren van randvoorwaarden gaat het om opties zoals in Europees verband ontwikkelen van standaarden voor stations voor LNG of alternatieve brandstoffen.

Overheid als launching customer

De overheid kan optreden als launching customer door eisen te stellen aan schepen die gebruikt worden bij overheidsaanbestedingen en zo mee te werken aan verduurzaming van de vloot.

Speelvelden

In de zee- en binnenvaart is vooral het internationale speelveld belangrijk.

Zee- en binnenvaart zijn sterk internationaal georiënteerd. Zeevaart betreft vooral buitenlandse spelers, terwijl de Nederlandse reders wereldwijd actief zijn. Zeevaart is een wereldwijde business. Schepen uit allerlei landen doen de Nederlandse havens aan. Nederlandse of Europese regelgeving heeft dus beperkte invloed. De reders zijn vrij om te kiezen waar zij zich vestigen en waar ze hun schepen registreren.

³ Wet Bevordering Speur- en Ontwikkelingswerk.

Daardoor kan strengere regelgeving in Nederland of Europa leiden tot registratie elders. Anderzijds doen zij Nederlandse havens aan, waardoor de nationale overheid en lokale of regionale havenautoriteiten ook bevoegdheden kunnen uitoefenen. Nederland heeft een sterke positie in de binnenvaart, maar ook daar zijn buitenlandse spelers actief, namelijk Duitse en Belgische.

Verskillende overheidslagen zijn relevant: de Europese Unie, de Nederlandse rijksoverheid en gemeenten en provincies. Daarnaast is er het mondiale niveau. Dit is geen overheidslaag, maar op dit niveau gelden wel juridische kaders. In de praktijk vullen rollen op de verschillende niveaus elkaar vaak aan. Naast het gegeven dat politiek-bestuurlijke afwegingen de keuze voor een bepaald type rol bepalen, is ook van belang dat niet elke beleidslaag elke rol kan spelen. Dit hangt af van de reikwijdte ('span of control') van elke beleidslaag en van de vraag wie waarvoor het bevoegd gezag is.

Wereldwijd

Veel afspraken voor de zeevaart worden gemaakt in VN-verband binnen de International Maritime Organisation (IMO). De IMO is de zeevaart-pendant van de International Civil Aviation Organisation (ICAO) voor de luchtvaart.

De IMO is opgericht in 1948. De organisatie had als doel de veiligheid van de zeevaart te verbeteren. In de loop van de tijd verbreedde de scope. Nu richt ze zich ook op een betere milieuprestatie van de zeevaart. Zo probeert de IMO tot afspraken te komen over vermindering van de CO₂-, SO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissies. De onderhandelingen voor reductieopties voor CO₂-emissie verlopen moeizaam en er is tot op heden nog geen emissiedoel vastgesteld. Wel wordt overwogen voor de CO₂-reductie marktgerelateerde maatregelen in te zetten (KiM 2013c). Voor de reductie van SO₂, NO_x en PM₁₀ zijn wel verdergaande afspraken gemaakt. Die komen tot uiting in strenger wordende emissie-eisen binnen zogeheten Emission Control Area's.

Europa

In de EU erkent de Europese Commissie het grote belang van de zeevaartsector. Het in 2006 verschenen Groenboek Maritiem Beleid geeft daar uiting aan. Hiermee wil de Commissie komen tot een integraal maritiem beleid dat recht doet aan economische groei en een duurzame zeevaart. Aanzetten om te komen tot maatregelen voor een dergelijk integraal maritiem beleid zijn in het Blauwboek van de Commissie opgenomen, dat in 2007 verscheen. In december 2011 heeft het Europese parlement een programma ter ondersteuning van de verdere ontwikkeling van een geïntegreerd maritiem beleid vastgesteld. Zeevaart vormt een groeiende component van het gemeenschappelijk vervoerbeleid van de EU met wetgeving op het terrein van onder meer maritieme veiligheid, bescherming van het mariene milieu, markttoegang, staatssteun en beveiliging (security). Deze Europese regels zijn niet alleen bindend voor EU-lidstaten maar zijn ook, anders dan bijvoorbeeld de door IMO opgestelde internationale regels, internationaal (Europees) juridisch afdwingbaar.

De omvang van Europese wetgeving op het gebied van maritieme veiligheid en de bescherming van het mariene milieu is aanzienlijk. De rampen met de olietankers Erika in 1999 en Prestige in 2002 in Europese wateren waren de aanleiding voor een nieuwe wetgevende impuls. Het derde maritieme pakket met zeven wetgevingsvoorstellen over maritieme veiligheid, dat eind 2005 door de Europese Commissie is gepubliceerd, pakt de belangrijkste resterende uitdagingen op het gebied van maritieme veiligheid in de EU aan.

Veel afspraken voor de binnenvaart worden gemaakt binnen de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR). Deze bestaat uit Duitsland, België, Frankrijk, Nederland en Zwitserland en 11 waarnemerstaten. Die laatste dragen niet financieel bij, maar erkennen de CCR wel. De CCR vertegenwoordigt ongeveer driekwart van de verkeersprestatie van de binnenvaart in de EU. Een belangrijk document voor de CCR is de Akte van Mannheim uit 1868. Op grond van artikel 3 van deze akte heffen de lidstaten geen tolgelden, belastingen of rechten over Rijnvaartactiviteiten die met de scheepvaart samenhangen. Naast deze bepaling is op 16 mei 1952 als aanvulling hierop een overeenkomst gesloten over het douane- en belastingregime voor de gasolie die in de Rijnvaart als brandstof wordt verbruikt. Deze overeenkomst bepaalt dat de CCR-lidstaten op gasolie die in de Rijnvaart gebunkerd wordt, geen douanerechten of accijnzen zullen heffen.

De binnenvaart maakt nog bijna uitsluitend gebruik van dieselmotoren. Uitstoot van verbrandingsgassen is daarmee onvermijdelijk. De Centrale Commissie heeft regels ingevoerd om de emissie schadelijke stoffen daarin te verminderen. Voor nieuwe motoren die aan boord van binnenschepen gebruikt worden gelden typegoedkeuringen (CCR 1, vanaf 2003 en CCR 2 vanaf 2007).

Nationaal

Het Nederlandse zeevaartbeleid kent een aantal deelgebieden.

In de eerste plaats zijn er economische onderwerpen gericht op de rol van de zeevaart in de economie. Daarnaast zijn er onderwerpen gericht op de milieu- en veiligheidsprestaties van de internationale zeevaart. Deze deelgebieden komen grosso modo overeen met de belangen van Nederland als vlaggenstaat aan de ene kant en die van haven- en kuststaat aan de andere kant.

Op economische vlak is het, vanuit het vlaggenstaatbelang, de ambitie om bij te dragen aan het behouden en uitbreiden van de bijdrage van de zeevaartsector aan de Nederlandse economie. Ook is het nodig dat de kwaliteit van het Nederlandse scheepsregister verder verbetert om tot Europa's beste kwaliteitsregisters te blijven behoren.

Vanuit de kust- en havenstaatbelangen is een permanente verbetering van de veiligheid en milieu-prestatie van de wereldzeevaart de inzet. De kwaliteit van het mariene milieu in de Noord- en Waddenzee, de natuurwaarde van onze kuststrook en de bereikbaarheid van de havens zijn de grote achterliggende belangen.

Kern van het zeevaartbeleid is en blijft dat het vergroten van de economische bijdrage van de zeevaart samen moet gaan met groei in kwaliteit en duurzaamheid. De vlaggenstaatbelangen en de kust- en havenstaatbelangen moeten worden verenigd. Bij economisch gerichte maatregelen worden de effecten op milieu en veiligheid meegenomen en vice versa. Er moeten win-win-situaties worden gevonden. Investing in innovaties en het bevorderen van een internationaal level playing field met vooruitstrevende internationale milieu- en veiligheidsnormen bieden hiertoe perspectief.

Zeehavens

De zeehavens, in het bijzonder hun havenautoriteiten, zijn verantwoordelijk voor de toegang en hebben daarmee als overheid of als overheidsbedrijf een instrument in handen om duurzame zeevaart te beïnvloeden, bijvoorbeeld door toegangseisen te stellen of door tariefdifferentiatie.

Marktbelemmering: marktimperfectie of knelpunt?

Sommige belemmeringen die duurzame binnenvaart en zeevaart in de weg staan, zijn meer de moeite waard om aan te pakken dan andere. Niet alle knelpunten zijn even nijpend en het is ook niet altijd aan de overheid om het knelpunt weg te nemen. Bij marktimperfecties kan de markt zelf het probleem niet aanpakken en is er een legitimatie voor overheidsingrijpen. Dit komt omdat het oplossen van de marktimperfectie leidt tot verhoging van de maatschappelijke welvaart (efficiëntie). Naast verhogen van de maatschappelijke welvaart kunnen er uiteraard andere motieven zijn voor overheidsingrijpen. Sociale redenen, zoals het ontzien van de sociaal zwakkere kunnen dat ingrijpen bijvoorbeeld motiveren. Maar ingrijpen kan ook gemotiveerd zijn door financiële redenen: het innen van belastinggeld (Van Wee, 2009). Ook het vergroten van het draagvlak voor (milieu)beleid, een uitruil van (politieke) belangen, compromissen en dergelijke, zijn belangrijke motieven voor overheidsinterventies. Dit laat onverlet dat het zinvol is om marktimperfecties, als aparte groep van knelpunten, in het vizier te houden, omdat dit behulpzaam kan zijn bij het onderbouwen en legitimeren van beleidskeuzes.

Niet elke overheidsinterventie om een marktimperfectie op te heffen leidt automatisch tot efficiëntie. De overheidsinterventie brengt namelijk transactiekosten met zich mee: kosten van onder meer inning, handhaving en monitoring. Dat is op zichzelf een inefficiëntie. Transactiekosten kunnen hoog oplopen en verschillen sterk per beleids optie. Er is alleen een welvaartsverhogend effect als de kosten van ingrijpen lager blijven dan de welvaartswinst.

Behalve marktimperfecties kan er ook sprake zijn van overheidsimperfecties. Daarbij kan het bijvoorbeeld gaan om juridische belemmeringen die het gevolg zijn van overheidswetgeving. Daardoor is een reductieoptie niet realiseerbaar, terwijl deze vanuit maatschappelijk oogpunt wel wenselijk is. Het kan ook gaan om een verkeerde of inefficiënte beleidskeuze onder invloed van krachtige belangengroepen uit het bedrijfsleven (Goulder en Parry, 2008). Ook dit type imperfecties verdient het vanuit efficiëntie-oogpunt om opgelost te worden, mits het middel niet erger is dan de kwaal.

Marktimperfectie of 'gewoon' knelpunt? (KiM 2013b)

De marktimperfectie is een concept uit de economische theorie. Marktimperfecties zijn 'fouten' in de vrije markt, zoals monopolies en informatie-asymmetrie, waardoor geen maatschappelijk optimale situatie tot stand komt. Een specifiek product of specifieke dienst wordt suboptimaal ingezet, er is vanuit maatschappelijk oogpunt overproductie van of juist onderproductie. Een bekende fout in de markt zijn externe effecten, het feit dat negatieve of positieve effecten niet in de prijs van een product of dienst zijn verwerkt, zoals milieuschade (negatief) of kennisontwikkeling (positief). De veroorzaker ervan veroorzaakt schade of baten bij anderen zonder daarvoor een vergoeding te betalen of te krijgen. CO₂-uitstoot is een duidelijk voorbeeld van een negatief extern effect: het heeft in de markt geen prijs, of een te lage, zoals in het Europese emissiehandelssysteem ETS. Bedrijven en consumenten kunnen CO₂-uitstoot veroorzaken zonder de nadelige gevolgen te dragen. 'Schone' producten ondervinden in de markt een concurrentienadeel ten opzichte van 'vervuilende' producten. Voorbeelden van 'gewone' knelpunten die geen marktimperfectie zijn: een complex en duur productieproces om een bepaalde brandstof te maken, dure grondstoffen zoals algen voor biobrandstoffen die ook in trek zijn bij de cosmetica-industrie, de aanwezigheid van een behoudende cultuur die niet ontvankelijk is voor vernieuwing.

De grens tussen marktimperfectie en gewoon knelpunt is niet haarscherp te trekken, maar hangt ook af van de invalshoek. Als consumenten een heel zuinige auto niet aantrekkelijk vinden vanwege de kosten, namelijk hoge aanschafkosten minus lage brandstofkosten, wijt een econoom dat aan de 'hoge private discontovoet' en ziet de socioloog 'gewoontegedrag' als probleem.

Marktfasen en marktimperfecties

Voor de volledige implementatie van reductieopties onderscheiden we twee fasen: innovatie en diffusie (zie tekstbox, KiM 2013b). Deze fasen kennen elk hun eigen marktimperfecties. Zonder innovatie is verspreiding vanzelfsprekend niet mogelijk. Maar mogelijk zou ook onvoldoende diffusie de innovatie kunnen beperken. In dat geval zijn voldoende reductieopties beschikbaar die eerst geïmplementeerd moeten worden voordat nieuwe innovaties urgent worden. Hoewel dit niet is onderzocht, suggereert CE Delft deze laatste mogelijkheid als verklaring voor het uitblijven van innovaties in de zee- en binnenvaart: de reductieopties zijn vooral bestaande technieken die door een gebrekkige verspreiding onvoldoende leiden tot een massamarkt (CE Delft 2013).

Fasen in de ontwikkeling van nog niet marktrijpe reductieopties (KiM 2013b)

We onderscheiden twee fasen in de ontwikkeling van een reductieoptie: innovatie en diffusie. Innovatie houdt het proces in waarin een nieuwe vinding wordt gecommercialiseerd en rijp gemaakt voor de markt (EEA, 2011). Bij diffusie gaat het om adoptie en grootschalige toepassing van een innovatie; dus breder dan alleen in nichemarkten en demonstratieprojecten. Ten opzichte van de innovatiefase is sprake van verdere opschaling.

De innovatiefase is onder te verdelen in drie subfasen, die elkaar opvolgen: R&D, prototype, niche-markt⁴. Sleutelbegrip in de innovatiefase is leren, waarbij het in elke deelfase om een ander soort leren gaat: learning-by-research (R&D), learning-by-doing (prototypes, demonstratieprojecten) en learning-by-using (nichemarkten). In het innovatieproces wordt duidelijk waar verbeteringen nodig zijn, welke randvoorwaarden (bijvoorbeeld juridisch) nog niet goed vervuld zijn. In deze fase leren fabrikanten ook waar in het productieproces kostenbesparing mogelijk is. Een deel van het leren komt voort uit opschaling (upsizing) en schaalvoordelen door massaproductie (economies of scale) (Junginger et al., 2006).^{5/6} Ook leerervaringen van gebruikers zijn een noodzakelijke voorbereiding op de massamarkt: de eerste gebruikers laten aan toekomstige gebruikers zien wat je met het product kunt. Idealiter wordt in de innovatiefase de prijs-prestatieverhouding van de reductieoptie sterk verbeterd, zodat het van een imperfect substituuat van bestaande technologie verandert in een gelijkwaardige of zelfs sterkere concurrent. Empirische data laten zien dat kosten van producten die een innovatieproces doorlopen vaak afnemen met de cumulatieve productiehoeveelheid (zie bijvoorbeeld Junginger et al., 2006).

Als het innovatieproces goed verloopt, wordt de reductieoptie rijp voor de diffusiefase, waarin het de massamarkt kan bereiken. Bij deze grootschalige penetratie verdringt de innovatie bestaande technologie. Zie figuur C2 met de opeenvolgende fasen en de groei in omvang.

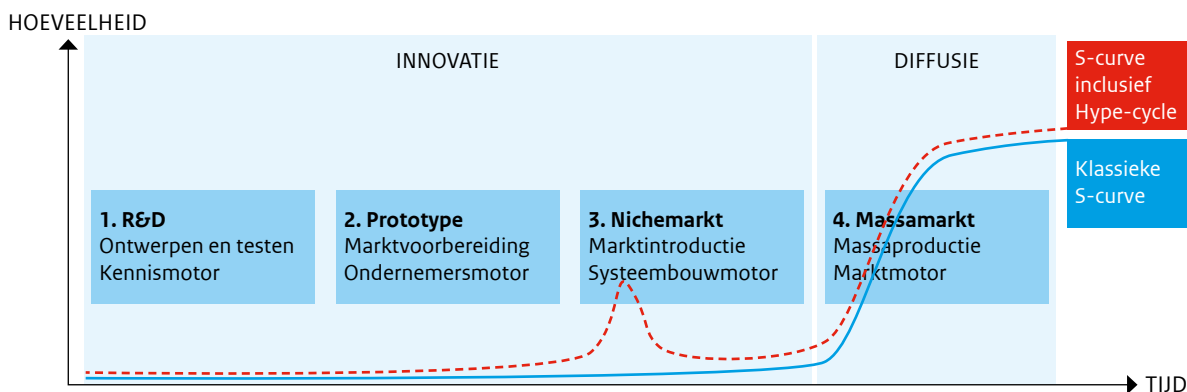
Figuur C2 Marktfases van nieuwe producten in relatie tot S-curve (blauwe lijn), hypecurve (rode stippel-lijn), waarin een innovatie tijdelijk in de lift zit, een 'hype' is, en daarna weer inzakt, en de huidige positie van enkele reductieopties (de pijlen onder de tijdsas). De typen innovatiemotoren zijn afkomstig uit Hekkert en Ossebaard (2010).

⁴ Nichemarkten zijn specifieke deelmarkten, waarin gebruikers andere wensen en eisen hebben dan gemiddelde gebruikers. Daardoor is deze markt als het ware afgeschermd van de massamarkt. De concurrentie tussen merken en soorten vindt plaats op andere gronden.

⁵ Sommige wetenschappers zien upsizing en economies of scale als aparte effecten naast learning-by-research, learning-by-doing en learning-by-using (Junginger et al., 2006).

⁶ Kampman et al. (2006) suggereren dat bij grootschalige technieken, zoals een grootschalige warmtekrachtinstallatie, vooral schaaffecten (upsizing en economies of scale) zorgen voor kostenreductie en bij kleinschalige technieken, zoals een lokale biogasinstallatie, vooral learning-by-doing.

Figuur C2 Marktfases van nieuwe producten



Knelpunten in één of meer deelfasen kunnen ervoor zorgen dat de reductieoptie zich niet verder ontwikkelt en onderweg blijft steken. Ook kan de reductieoptie een ‘hype’ doormaken, waarin het lijkt alsof de stap naar massamarkt al wordt gezet, maar er bijvoorbeeld tegenvallers of te hooggespannen verwachtingen zijn, waardoor dit (nog) niet lukt. Het innovatieproces is een samenspel van veel actoren. Hoe (snel) het proces verloopt is bovendien afhankelijk van veel factoren en niet goed voorspelbaar. Beleidsmaatregelen kunnen helpen om het innovatieproces soepeler te laten lopen en/of te versnellen.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van marktimperfecties die in de economische literatuur over emissiereductie of over milieutechnologie vaak worden genoemd. Deze zijn geordend naar de markt-fasen innovatie en diffusie, waarbij we een onderscheid maken tussen nog niet volledige en volledige massamarkt omdat die elk hun eigen marktimperfecties kennen.

Tabel C1 Marktimperfecties tijdens de innovatie- en diffusiefase.

Categorie	Marktimperfecties	Marktfase(overgang)
Innovatie	<ul style="list-style-type: none"> • Kennisbaten zijn extern, dat wil zeggen niet (volledig) terug te verdienen door de innovator; first mover disavantage • Kapitaalmarkt werkt niet goed voor (kapitaalintensieve) opschaling van milieu-innovaties 	R&D, Overgang naar opzetten van prototyping en demonstratieprojecten
Diffusie	<ul style="list-style-type: none"> • Eis van korte terugverdientijd door gebruikers (hogere private discontovoet dan maatschappelijke discontovoet) • Split incentive: kosten en baten liggen bij verschillende actoren • Onvolledige informatie bij gebruikers over voordelen van nieuw product • Bij producten die gebruik moeten maken van een nieuwe (energie) infrastructuur of netwerk: kip-ei probleem of coördinatieprobleem: zolang er geen netwerk is, zijn er geen gebruikers, zolang er geen gebruikers zijn, is er geen netwerk; voor individuele bedrijven zijn de risico's en kapitaalslasten te groot • Kapitaalmarkt werkt niet goed voor (kapitaalintensieve) opschaling van milieu-innovaties, onder andere door meer onzekerheden 	Overgang naar nichemarkt naar massamarkt
Diffusie	<ul style="list-style-type: none"> • Milieukosten zijn extern, dat wil zeggen niet in prijzen verwerkt • Prisoner's dilemma; door individueel keuzegedrag ontstaat een maatschappelijk suboptimaal resultaat 	Volledige massamarkt

Colofon

Dit is een uitgave van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Mei 2015

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

ISBN/EAN

978-90-8902-129-8

KiM-15-A04

Auteurs

Maarten Kanssen
Johan Visser

Vormgeving en opmaak

VormVijf, Den Haag

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

Postbus 20901

2500 EX Den Haag

Telefoon: 070 456 19 65

Fax: 070 456 75 76

Website: www.kimnet.nl

E-mail: info@kimnet.nl

Publicaties van het KiM zijn als PDF te downloaden van onze website www.kimnet.nl.

U kunt natuurlijk ook altijd contact opnemen met één van onze medewerkers.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen onder vermelding van het KiM als bron.



Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) maakt analyses van mobiliteit die doorwerken in het beleid. Als zelfstandig instituut binnen het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) maakt het KiM strategische verkenningen en beleidsanalyses. De inhoud van de publicaties van het KiM behoeft niet het standpunt van de minister en/ of de staatssecretaris van IenM weer te geven.



Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid

Dit is een uitgave van het

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Postbus 20901 | 2500 EX Den Haag
www.rijksoverheid.nl/ienm

www.kimnet.nl

ISBN/EAN: 978-90-8902-129-8

Mei 2015 | KiM-15-A04