

A wide-angle photograph of a turbulent ocean with white-capped waves under a clear sky. The image is split horizontally, with the top half showing the horizon and the bottom half showing a closer view of the churning water.

## Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

### **SAMENVATTING BARGE TRUCK**

Samenvatting van rapport : 22906-1-SP

Datum : 13 December 2010

## **SAMENVATTING BARGE TRUCK**

MARIN nummer : 22906

Gevraagd door : Agentschapnl

Referentie : Barge Truck, Overall rapport, overzicht alle deelstudies

Gerapporteerd door : Henk Blaauw

## DE BARGE TRUCK

*Op weg van een nieuw logistiek concept tot werkelijkheid.  
Intensivering van het gebruik van de bestaande kleine vaarwegen.  
MARIN, Henk Blaauw, December 2010*

### De Nederlandse natte infrastructuur

De meeste steden in Nederland zijn middels vaarwegen aan elkaar gekoppeld. Tot in het begin van de vorige eeuw (zeg tot 70 a 80 jaar geleden) vond het transport tussen de bevolkingscentra middels schepen plaats. Dit transport werd voor verreweg het grootste deel overgenomen door vrachtwagens. De kleine vaarwegen bonden daarmee aan economisch belang in.



*Uit: Geschiedenis van binnenvaart en vaarwegen | 5 oktober 2010, J.U. Brolsma*

Het betreft met name de vaarwegen van klasse I, II en III<sup>1</sup>: schepen van 40 tot 80 m, van 250 tot 1250 ton. Dit zijn Spitsen, Kempenaars, Hagenaars, Dortmund-Eems kanaalschepen en verlengde Dortmunders. In de Nederlandse praktijk van het gebruik van vaarwegen is het zo dat in verreweg de meeste gevallen met schepen kan worden gevaren van 50 m lang en 6,7 m breed (formaat grote Spits dan wel kleine Kempenaar).

In de loop van de afgelopen decennia werden een aantal problemen steeds meer manifest. Een aantal belangrijke daarvan zijn:

De vraag naar transport is zeer sterk toegenomen en het eind van de groei is nog lang niet in zicht.

Er kunnen om een aantal redenen niet voldoende asfaltwegen worden gerealiseerd. Dit is niet alleen een zaak van financiën, maar zeker ook van ruimte- beslag en invloed op het milieu van de uitlaatgassen.

- De toenemende uitstoot van CO<sub>2</sub> en andere gassen en deeltjes komt maatschappelijk steeds meer onder druk te staan.

---

<sup>1</sup> Zie: *Nieuwe klasse-indeling van de huidige actieve binnenvaartvloot*, 15 November 2003, AVV

### **Intensiever gebruik van de bestaande kleine vaarwegen**

Indien deze aspecten op een rij worden gezet lijkt het op zijn minst een goed idee om uit werken of het gebruik van deze kleinere vaarwegen met succes geïntensiveerd kan worden. Immers, juist de kleine vaarwegen verbinden van oudsher de economische centra en gaan door dicht bevolkte gebieden. Dit onderwerp stond centraal in het SBIR programma van AgentschapNL. Hieraan werd deelgenomen door DLD dat later werd overgenomen door MARIN. DLD diende als idee de Barge Truck in, bestaande uit kleine duwboten in combinatie met een aantal eenvoudig koppelbare duwbakken. De Barge Truck moet vanzelfsprekend kunnen concurreren met ander modaliteiten. Dit geldt niet alleen in financiële zin maar ook in de zin van de belasting van het milieu. De Barge Truck richtte zich in het kader van het SBIR project vooral op de Klasse II vaarwegen. maar kan eenvoudig worden opgeschaald voor de grotere vaarwegklassen.

### **Een nieuw logistiek concept: de Barge Truck**

Deze Barge Trucks moeten zowel in staat zijn om met andere vervoersmodaliteiten te concurreren maar ook het milieu zo weinig mogelijk te belasten.

De kleinste eenheid (de enkele geduwde barge) kan worden ingezet in de kleinste vaargebieden, zoals de kanalen in de polders en ook bijvoorbeeld de oude Zuidwillemsvaart.

Deze BT's kunnen **lokaal** met (bijvoorbeeld) een kleine pompjet worden voortgestuwd zodat ze zelf een sluis kunnen passeren dan wel zichzelf kunnen verhalen. De gekoppelde eenheden worden voortgestuwd door de duwboot en kunnen zo groot worden gemaakt als de vaarwegen lokaal toelaten. Daarbij kan gedacht worden 2 X 1 eenheden (twee bakken achter elkaar met een duwboot) of zelfs aan nog grotere eenheden zoals bijvoorbeeld een 2 X 2 combinatie.

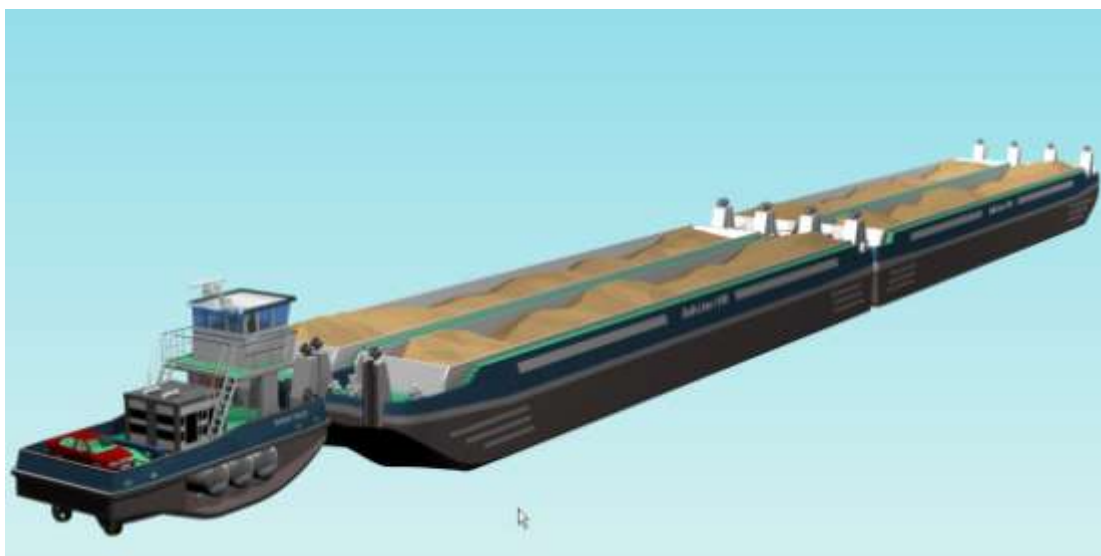


*Artist impression van de Barge Truck*

Door de logistiek over de kleine vaarwegen als voorgesteld vorm te geven worden een groot aantal voordelen bereikt. Dit betekent in grote lijnen dat:

- Er zijn grote logistieke voordelen te behalen vanwege de ontkoppeling van het varen en het proces van laden/lossen: de stuwadoors kunnen het laden en lossen beter plannen en
- Er zijn grote exploitatievoordelen te behalen daar de duwboten zeer weinig wachttijden kennen.
- De grootte van de eenheden kunnen worden aangepast aan de maximaal mogelijke afmetingen van de lokale infrastructuur zodat deze optimaal kan worden benut
- Er zijn voor het transport relatief weinig machinekamers nodig (de duwboten varen immers altijd) zodat daar iets meer in geïnvesteerd kan worden en de belasting van het milieu geminimaliseerd kan worden.
- De exploitatie van de schepen is verbeterd door het optimaliseren van de ontwerpen hetgeen heeft geleid tot een aanzienlijke verbetering van het brandstofverbruik, het goed managen van de energie aan boord en het eenvoudig kunnen koppelen en ontkoppelen van de eenheden.
- Het systeem kent een grote transportcapaciteit en leent zich om die reden dan ook bij uitstek tot samenwerking van een aantal verladers in een gebied die bijvoorbeeld gezamenlijk een bakkenpool kunnen oprichten.

Bij het SBIR project worden twee fasen onderscheiden: de economische haalbaarheid en de technische optimalisatie. Deze beide fasen zullen op hoofdlijnen worden uitgewerkt.



*Een vierbakseenheid met bulk*

### **De haalbaarheidsstudies, SBIR fase 1**

De voorgestelde ontwikkelingen zijn gericht op het optimaliseren van het varen door kleine vaarwegen. Daartoe zijn allereerst een aantal haalbaarheidsstudies uitgevoerd. Daarbij waren betrokken de Huis Vuil Centrale uit Alkmaar en de Nutreco vestiging te Helmond, Hendriks bv. Bij de HVC ging het om het transport van containers vanuit de polders naar Alkmaar en bij Hendriks om de aanvoer van grondstoffen voor het maken van veevoer uit Amsterdam. Op basis hiervan werd geconcludeerd dat het haalbaar is om de containers met huisvuil te transporteren met 3 bakken en 1 duwboot. De gekozen afmetingen van de bakken zijn: lengte, 50 m, breedte 6,7 m breed met een diepgang van (max) 2,8 m. De duwboot heeft een lengte van 13 m en een breedte van 6,7 m.



Ook de haalbaarheid van de transporten van en naar Brabant zagen er veelbelovend uit. Voor de Brabant case werden dezelfde afmetingen geselecteerd.

Op basis van de haalbaarheidsstudies werd besloten om Fase II in te gaan.

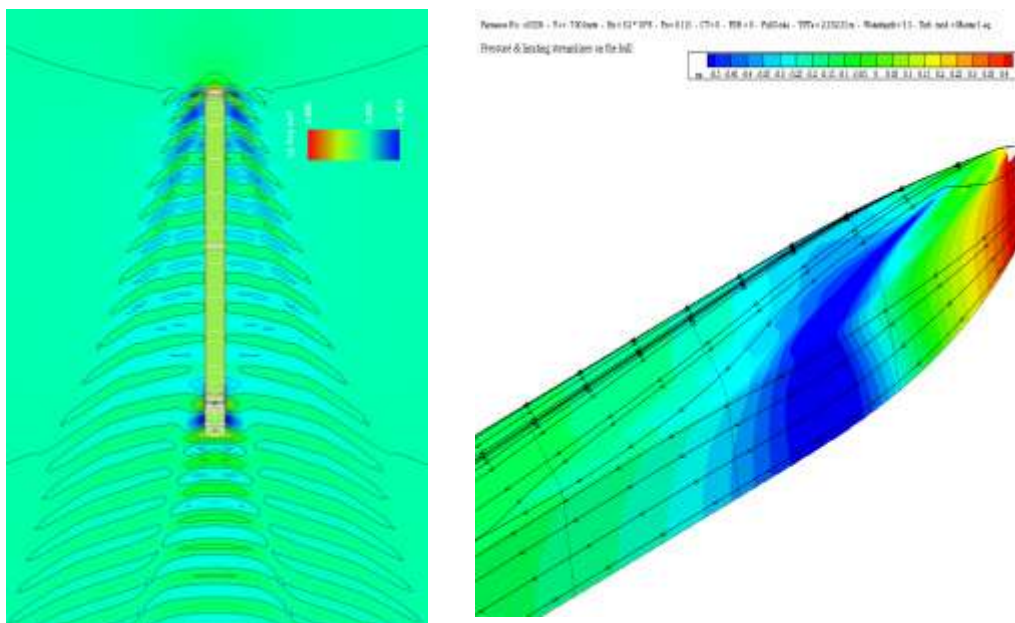
Bij het uitvoeren van de haalbaarheidsstudies werd gebruik gemaakt van het MARIN exploitatiemodel van een binnenschip. In dit model wordt naast de financiën direct ook de belasting van het milieu meegenomen, daar dit aspect – ook bij het acquireren van lading - steeds belangrijker wordt. Ook is het mogelijk met dit model om CO2 optimale ketens te ontwikkelen.

### De technische optimalisaties, SBIR Fase II

Bij de technische optimalisaties komen achtereenvolgens aan de orde de weerstand en voortstuwing (MARIN en DST) keus van de schroeven (MARIN), het manoeuvreren (MARIN), de koppelingen (IMC) en de energiehuishouding (MSN). Alle resultaten zijn opgenomen in het ontwerp (Gaastmeer Engineering).

### Weerstand en voortstuwing

De vorm van de bakken en de duwboot zijn geoptimaliseerd met rekenprogramma's. het betreft allereerst het programma RAPID waarmee vooral de golfmakende weerstand kan worden verkleind en vervolgens Parnassos waarmee ook de



### *Optimalisaties van voor en achterschip met de MARIN programma's RAPID en PARNASSOS*

viskeuze effecten zoals loslating bij het achterschip kunnen worden vastgesteld en verbeterd. Op basis van de uitgevoerde rompvormoptimalisatie is de weerstand met ongeveer 18% verbeterd.

Een deel van deze verbetering is behaald door het aanpassen van het algemeen plan van de bakken; het ruim is één meter naar achteren verplaatst en de voorste rij containers is 0,20 m verhoogd.

Een combinatie van twee bakken (spiegel aan spiegel) en een duwboot zou een proeftocht snelheid van 13 km/uur moeten kunnen halen op een ontwerpdiepgang van 2,50 m en een water diepte van 3,50 m, met een benodigd asvermogen van 85% nominaal vermogen.

### De keuze van de schroef

De keuze van de voor de Barge Truck beste schroef zijn door het MARIN uitgevoerd. Daartoe is een groot aantal bekende voortstuwingconcepten doorgerekend.



Overzicht van mogelijkheden voor schroeven voor de Barge Truck (MARIN)

Geconcludeerd werd dat voor de BT een vaste schroef met een straalbuis een goed voortstuwingssysteem is met name voor lage snelheden en 'bollard pull' operaties. Een conventionele schroef aangedreven door een vaste as kan een hoog rendement hebben als een schroef met een grote diameter wordt toegepast. Alleen de fish tail voortstuwer kan een hoger rendement behalen en is daarmee een veelbelovend concept.

Alle azimuthing thrusters hebben een soortgelijk totaal voortstuwingsrendement, het hoogste rendement kan daarbij worden behaald door de contra-roterende systemen – twee schroeven aan een eind of twee propeller aan twee einden.

### Het Manoeuvreren

Het varen met de Barge Truck moet op veilige wijze ook bij dwarswind kunnen plaatsvinden. Met name bij lege bakken en het varen met containers levert veel invloed van de wind op. Daarbij moet bedacht worden dat in geval van twee bakken achter elkaar er sprake is van 100 m aan lengte voor de duwbakken en nog eens 10 of 13 m voor de duwboot. De bakken worden met de hekken tegen elkaar gekoppeld. Er is daarmee sprake van een relatief groot oppervlak dat aan de wind is blootgesteld zodat grote krachten onder invloed daarvan kunnen plaatsvinden. Om een veilige vaart te bereiken richtte de manoeuvreerstudie zich met name op:

1. De te volgen routes van de Barge Truck
2. De te verwachten wind condities en
3. Het manoeuvreergedrag van de Barge Truck in de vaarweg alsmede het vereiste vermogen van boeg en hekschroeven

Er werden drie routes voor de BT geselecteerd, te weten de trajecten Alkmaar-Almere, Amsterdam-Helmond en Rotterdam Veghel.

Als limiterende wind conditie is het criterium 2% overschrijdingsfrequentie gehanteerd. Dit is een algemeen geaccepteerd criterium voor vaarwegen voor de binnenvaart. In het kustgebied resulteert het 2% criterium in een windsnelheid van 11,3 m/sec op 4 m boven water (BT hoogte). Meer in het binnenland betekent dit 7,6 m/sec.



Voorbeeld van een foto van Google Earth van een vaarweg zoals die voor de manoeuvreerstudies gebruikt is

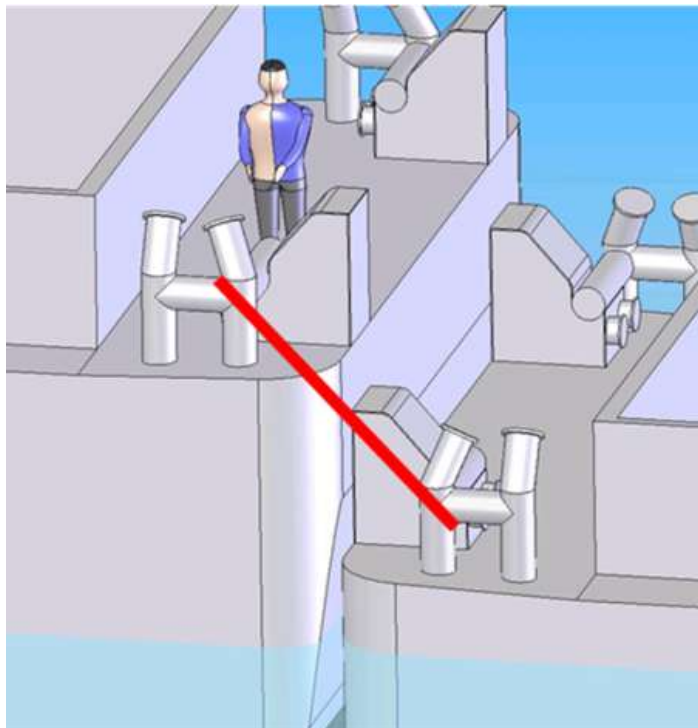
Op basis van de manoeuvreerstudie voor twee geduwde eenheden (achter elkaar) zijn de volgende conclusies getrokken met betrekking tot de vereiste extra stuwkracht aan boeg (voorste bak) en hek (achterste bak): als een duwboot met twee lege bakken veilig wil kunnen varen in de kustgebieden van de routes met windsnelheden tot 11.3 m/s op 4 m hoogte, moet de voorste duwbak worden uitgerust met een boegschroef van 240 kW voor lege duwbakken of 300 kW voor duwbakken geladen met lege containers. Als er zowel op de voorste als op de achterste bak een schroef wordt geïnstalleerd kan het benodigde vermogen gereduceerd worden naar 150 kW per schroef voor lege duwbakken en 200 kW per schroef voor duwbakken met lege containers.

### **De Koppelingen**

Uitgangspunt van duwbakken is dat de losse bakken zowel onderling als met een duwboot gekoppeld kunnen worden. De huidige wijze van koppelen van duweenheden bestaat uit meerdere bolders aan dek, een uitgebreide combinatie van staaldraden en een aantal koppellieren.

Bij het koppelen legt de bemanning de staaldraden over de bolders aan dek van de bakken en spant de kabel aan middels de koppellier. Het werken met de staaldraden en de koppellieren zijn lastige werkzaamheden met de nodige veiligheidsrisico's.





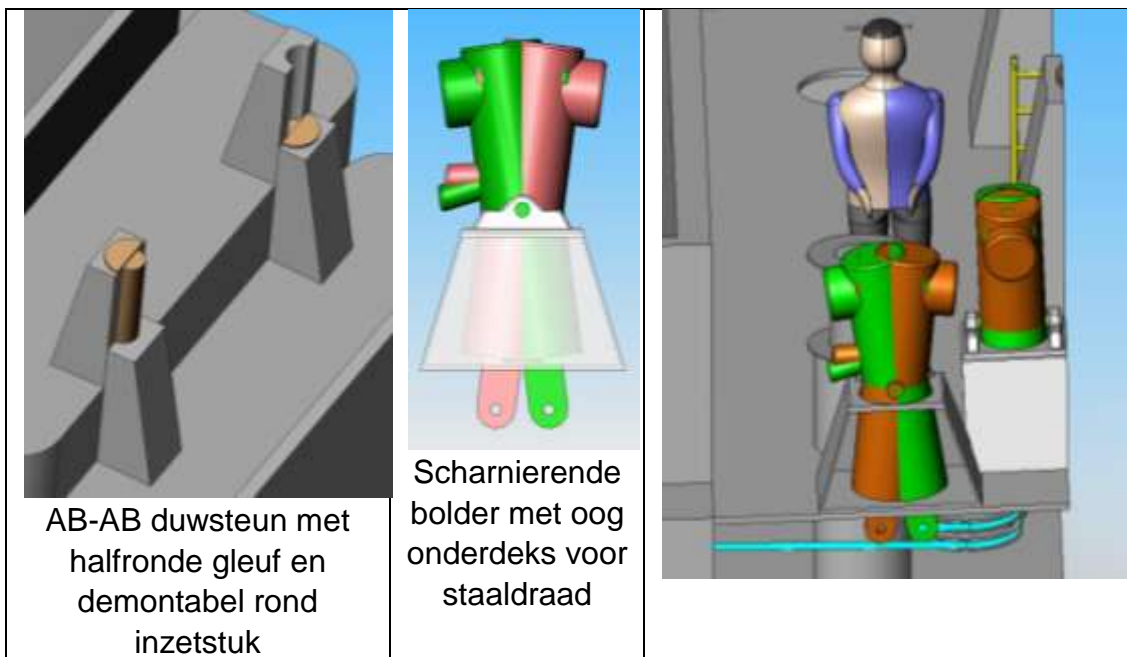
*Uitvoering van de bolders: overbruggen van hoogteverschillen*

De twee hoofddoelstellingen van het ontwerp van de nieuwe koppeling waren:

- Eenvoudige bediening en golfbestendig, met als doelstellingen daaronder:
- Eenvoudig en veilig koppelen en ontkoppelen van bakken onderling en met duwboot
- Vaargebied inclusief IJsselmeer en moet hoogteverschillen kunnen overbruggen.
- Focus op 2 bakken achter elkaar daarbij worden echter eenheden met 4 bakken (2x2) niet uitgesloten

De onderzoeken naar efficiëntere en veiliger koppelingen heeft geleid tot het volgende concept met als belangrijke elementen AB-AB duwsteunen (zie de onderstaande figuur) en verende bolders. De AB-AB duwsteunen zijn voor bakken onderling en voor duwboot zonder inzetstukken. Hierdoor kan duwboot zowel recht achter één bak duwen alsook halverwege tussen twee bakken. De bolders zijn op een verhoogde bolderkast scharnierend opgesteld en worden middels een lange voorgespannen staaldraad in groene positie gehouden. Deze staaldraad is veilig onderdeks geplaatst en loopt van bolder op boeg naar bolder op achterkant. Zodra belasting boven voorspanning stijgt zal bolder vrije slag maken naar rode positie. Door deze slaglengte (orde 150 mm) kan aanzienlijk meer koppelingsenergie opgevangen worden dan nu het geval is ( $\approx 5 - 10x$  zoveel).

Met Met dit concept worden alle principes geïntegreerd op een onconventionele en toch ook weer conventionele wijze. Er kan snel, veilig en ergonomisch gewerkt worden en de bouw en onderhoudskosten blijven beperkt. Ten opzichte van huidige bolders kan een groter hoogteverschil gerealiseerd worden alsmede een betrouwbaardere verbinding in dynamische condities.



AB-AB duwsteun met halfronde gleuf en demontabel rond inzetstuk

Scharnierende bolder met oog onderdeks voor staaldraad

*De uitvoering van de koppeling*

### De energiehuishouding: op weg naar het zero-emissieschip

In het kader van het Barge Truck project is terdege aandacht besteed aan de energiehuishouding, het toepassen van alternatieve brandstoffen, de mogelijke besparingen, het realiseren van reductie in emissie, de regelgeving en mogelijkheden om op toekomstige regelgeving in te spelen met de keuze van voortstuwingsconfiguratie en brandstof. Hiervan wordt nu kort verslag gedaan.

*Restenergie gebruik en/of opslag zoals terugwinnen van uitlaatgas energie in hoge temperatuur generatorsets of warmte opslag in buffertanks is niet meegenomen gezien het geringe effect op het totaalrendement, de investeringen die er mee gemoeid zijn en de toepasbaarheid in het Barge Truck concept.*

Voor de Barge Truck zijn een aantal alternatieven doorgerekend voor het transport van afvalcontainers van de polders naar Alkmaar. Het eerste scenario daarbij is dat alle transport via de weg plaatsvindt. Vervolgens is gekeken naar het scenario dat alle transport zo veel als maar kan via water plaatsvindt.

Transport van containers naar Alkmaar	reduction	uitstoot in tonnen per jaar			
		CO2	Nox	PM	Sox
<b>alle transport via de weg</b>		1281	7.8	0.13	0.01
alle transport via water		998	11.7	0.22	1.09
<b>percentages t.o.v. vervoer over de weg</b>		<b>78%</b>	<b>150%</b>	<b>169%</b>	<b>&gt; 100 m:</b>
diesel elektrische motoren	7% rendementswinst	928.14	10.881	0.2046	1.0137
schone diesel	30% minder PM, vrijwel geen Sox	928.14	10.88	0.14	0.00
met filters (Nox en PM)	85% minder Nox, geen PM	928.14	1.63	0.00	0.00
gas motoren met generators	5% minder CO2, geen Nox, PM, Sox	881.73	0.00	0.00	0.00
zelfde, met bio gas	90% minder CO2	88.17	0.00	0.00	0.00
<b>percentages t.o.v. vervoer over de weg</b>		<b>7%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

*Uitstoten op jaarbasis van het transport van containers met huisvuil van en naar de HVC*

Daarbij valt op dat vervoer over water beter presteert qua uitstoot van CO<sub>2</sub>, maar slechter qua alle andere uitstoten. Om die reden zijn er een aantal scenario's verder uitgewerkt om tot een verdere vermindering van uitstoten te komen. Dit zijn achtereenvolgens het werken met generatorsets, toepassen van schone diesel en het toepassen van NOX en PM filters. Zoals het er nu naar uitziet zullen diesels niet veel beter kunnen gaan presteren en wordt gebruik van gasmotoren voorgesteld. Deze gasmotoren worden in combinatie met generatoren toegepast.



*Barge Truck met gas-generatorset aan dek en LNG opslag benedendeks*

Zoals uit de tabel kan worden afgelezen scoort het toepassen van LNG heel goed over de hele linie, ook op gebied van CO<sub>2</sub>. Het percentage CO<sub>2</sub> kan verder worden verminderd door het toepassen van vloeibare bio diesel. Veel dichterbij het varen met een zero emissie schip zullen we voorlopig niet komen.

#### **Het ontwerp: de duwboten**

Gekozen is voor een eenvoudige spantvorm met een voor en achter opgebogen vlak. Deze biedt ruimte voor aanstroming van de voorstuwers. Ten behoeve van de langsscheepse volume verdeling is een gondelvormige appendage toegepast, die tevens de schroeven beschermt en de diepgang beperkt. Aanpassingen voor de verschillende opbouwconfiguraties zijn hierdoor mogelijk zonder de hoofdconstructie te veranderen.

Binnen dit lijnenplan zijn in principe alle voortstuwingsconcepten mogelijk. Binnen het Barge Truck concept is gekozen voor de volgende optie:

Voorstuwning d.m.v. 2 x een 360 graden draaibare thrusters met straalbuis. De aandrijving wordt uitgevoerd met een elektromotor die zowel horizontaal als verticaal kan worden opgesteld. De benodigde stroom wordt opgewekt door een te variëren aantal generatorsets die aan dek in een reces onder de hefbare stuurhut zijn geplaatst. Al naar gelang het benodigde vermogen kunnen meerdere generatorsets worden opgeschakeld. Bij continu vaart kunnen de sets voor revisie zonder stilligdagen worden

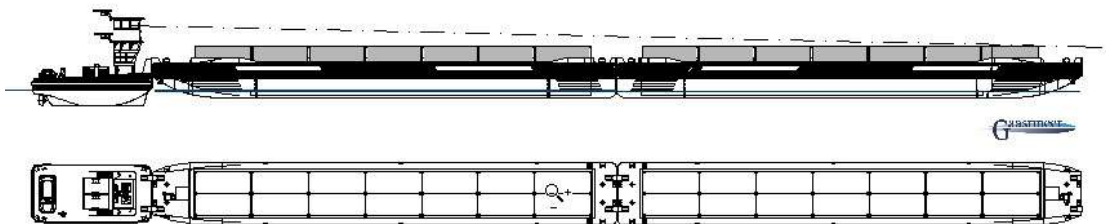
omgewisseld. Voor de generatoren kunnen zowel gasgeneratoren als dieselgeneratoren worden gekozen.

Op het achterdek bevindt zich een kraan waarmee zowel de auto voor de aflosbemanning op de wal als een kleiner generatorset op een bak kan worden gezet.

De duwhoorns zijn voorzien van een zodanige koppeling zodat zowel een tweebaks- al een vierbaks formatie kan worden gevaren. De pusher is voorzien van een hefbaar stuurhut. Gezien de geringe afmetingen van de duwboten wordt aangeraden het boeganker van de achterste bak als hekanker te gebruiken. In de voor en achterhoeken zijn trintanks geïntegreerd. Er zijn twee concepten voor de duwboot uitgewerkt: één voor de situatie in Brabant (de 10 m duwboot) en één voor de situatie in Alkmaar (de 13 m duwboot).

### Pusher 10m

De 10 m versie is uitgevoerd met diesel generatoren. Gezien de langsscheepse trim is het meenemen van een auto in combinatie met elektrische voorstuwing voor dit schip twijfelachtig vanwege het gewicht van de elektromotoren en de thrusters. De verplaatsing is naar schatting 70 ton. Het gekozen vermogen is 2 x 260 KW.



*Eindconfiguratie van het ontwerp*

### Pusher 13m

De 13m versie van de duwboot is getekend met LNG tanks met een totale inhoud van 20 m<sup>3</sup> (zie de figuur) en een tweetal gasgeneratoren. Vooralnog is een afstand tot de zijden en de tanks van 1 m gekozen. Dit om aan de ADNR eisen te voldoen. De verplaatsing is naar schatting 93 ton. De gehele opzet is wat ruimer dan de 10 m boot en levert een meer werkbaar schip op. De elektromotor kan eventueel verticaal worden geplaatst. Dit levert een beter rendement op.

### Het ontwerp: de bakken

De bakken kunnen in de ontworpen vorm eenvoudig en in secties worden gebouwd. Het staal gewicht van de bakken is circa 135 ton.

### Verdere uitwerking

De in de bijlage geleverde voorontwerpen dienen qua constructie verder te worden uitgewerkt. Bij de definitieve keuze van de voortstuwingstrein moet de gewichtsberekening definitief uit de specificaties van de verschillende componenten worden aangepast.

Voor de bakken moet verder nagedacht worden over detaillering van de voorste containers steps. In het geval van combineren van containers en bulkclading moeten deze eenvoudig gedemonteerd kunnen worden.

De geleverde voorontwerpen voldoen aan het programma van eisen en zijn binnen de gestelde randvoorwaarden geoptimaliseerd voor de weerstand. De concepten zijn eenvoudig aan te passen op het operationele vaarwegprofiel. (Power on demand

concept.) De bakken kunnen worden voorzien van Power/steering modules, die snel uitwisselbaar zijn. Conversies na afloop van een dienstperiode zijn eenvoudig te realiseren. Door modulaire opbouw is het concept goed in te passen in een rederij bedrijf.