



# ALTERNATIVE FUELS FOR FISHING VESSELS

Openbaar eindrapport TEG0313001

Openbaar eindrapport: Alternative Fuels for Fishing Vessels (AFFV)



EKOFISH GROUP  
*respect nature – finest fish*







Openbaar Eindrapport: Alternative Fuels for Fishing Vessels (AFFV)

Projectnummer TEG0313001

Projectdata

*Projectnummer:* TEG0313001  
*Project titel:* Alternative Fuels for Fishing Vessels (AFFV)  
*Projectleider:* Koers & Vaart B.V.  
*Projectdeelnemers:* CIV Den Oever, Cryonorm Systems, Eko Fish Group, Pitpoint (voorheen LNG24), Scheepswerf Maaskant, Sandfirden Technics, Visafslag Hollands Noorden, Wärtsilä Netherlands, Zeevisserijbedrijf P.A. Baaij en Zn.  
*Projectduur:* 01-01-2014 tot 30-06-2016  
*Publicatiedatum:* 01-09-2016

*Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Subsidieregeling Energie en Innovatie (SEI), Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland*





## Inhoudsopgave

Samenvatting.....	7
Introductie.....	9
Project resultaten.....	11
WP1 – Projectmanagement .....	11
WP2 – Stand van zaken techniek en regelgeving.....	12
WP 2.1. – Operationele aspecten.....	12
WP 2.2 – Veiligheidsaspecten .....	14
WP 2.3 – Gas en/of vloeistof.....	15
WP 2.4 - Aardgasdistributie.....	17
WP 2.5 – Brandstofprijzen.....	20
WP3 – Business cases voor de visserij.....	22
WP 3.1 Aardgas opslagsystemen.....	22
WP 3.2 – Aardgas bunkeren .....	24
WP 3.3 – Aardgasmotoren .....	30
WP4 – Systeem ontwerp voor de visserij.....	33
4.1 Eurokotter “Dirkje” - TH10 .....	33
4.2 Kotter “Morgenster” - GO31 .....	35
4.3 Hekkotter “Enterprise” - PD147 .....	38
WP5 – Bevindingen, conclusies en aanbevelingen .....	40
WP5.1 – Conclusies en aanbevelingen.....	45
Bijlage 1   Overzicht van openbare publicaties.....	47
Openbaar Eindrapport: Alternative Fuels for Fishing Vessels (AFFV) .....	47
Statutaire normenkader voor Nederlandse vissersvaartuigen .....	47
Quantitative Risk Analyses (QRA).....	47
Circulaire externe veiligheid LNG tankstations .....	47
PGS 33-2 Aardgas: afleverinstallaties van LNG voor vaartuigen .....	47





## Samenvatting

Aardgas in vloeibare vorm (LNG) of onder hoge druk (CNG) kan worden ingezet als schone transportbrandstof in de maritieme sector. In Nederland krijgt de infrastructuur langzamerhand vorm en er vaart inmiddels een aantal binnenvaart- en zeeschepen op LNG. De terugverdientijd van aardgassystemen is echter hoog en systemen zijn nog relatief duur, mede omdat risico's hoog zijn en er onvoldoende kennis beschikbaar is bij betrokken partijen.

Voor de visserij biedt aardgas mogelijkheden om de operationele kosten te verlagen en schoner te varen. Vanwege de kleinschaligheid van de visserij leent zij zich bovendien uitstekend voor het opzetten van eerste pilotprojecten met een infrastructuur die geen grote investeringen vereist en dus de risico's beperkt zijn. In het project Alternative Fuels for Fishing Vessels (AFFV) werken diverse partijen in de visserijketen samen met de maritieme maakindustrie en leveranciers van de aardgas infrastructuur en aardgassystemen om aardgas als transportbrandstof beschikbaar en haalbaar te maken voor de visserij.

Aardgas als alternatieve brandstof voor zware olie of gasolie biedt een aantal kansen. Deze kansen en de praktische gevolgen zijn echter niet altijd duidelijk en/of transparant voor veel partijen in de industrie. In de toeleverketen van visserijbedrijven tot en met de fabrikanten en keuringsinstanties zijn er nog veel uitdagingen die overwonnen dienen te worden voordat aardgas als transportbrandstof in de visserij mogelijk gemaakt kan worden.

Dit project kent een integrale benadering van de haalbaarheid van aardgas als transportbrandstof in de visserij. Als zodanig ondersteunt het ook de ontwikkeling van de aardgastoelverketen voor de maritieme sector.

Het project bestaat uit vijf werkpakketen (WP's):

- WP 1 – Projectmanagement voor de effectieve coördinatie van alle activiteiten.
- WP 2 – Stand van zaken techniek en regelgeving, waarbij operationele aspecten, veiligheid, aardgassystemen en infrastructuur, aardgasdistributie en brandstofprijzen worden bestudeerd op basis van de huidige “state of the art”.
- WP 3 – Business cases voor de visserij met daarin aardgasopslagsystemen, aardgas bunkeren en aardgasmotoren.
- WP 4 – Systeem ontwerp voor de visserij.
- WP 5 – Bevindingen, conclusies en aanbevelingen (inclusief eindrapportage).

Door een grondige analyse van huidige ontwikkelingen van alternatieve brandstoffen, van aardgasdistributie tot het operationele gebruik van aardgas aan boord van vissersvaartuigen, draagt dit project bij aan de ontwikkeling van een duurzaam toekomstperspectief voor vissersschepen en het groene imago van de maritieme sector.







## Introductie

De internationale druk op het reduceren van scheepsemissies is groot. Er zijn maatregelen genomen voor de reductie van lokale emissies zoals NOx en SOx. Daarnaast heeft de VN aan IMO de opdracht gegeven om maatregelen te ontwikkelen voor de reductie van CO2 emissie door de scheepvaart. Toepassing van aardgas in de vorm van LNG (Liquefied Natural Gas) of CNG (Compressed Natural Gas) als scheepsbrandstof biedt uitstekende perspectieven voor reductie van lokale emissies en goede perspectieven voor CO2 reductie voor zeeschepen, maar ook voor de visserij.

Een netwerk van kleinschalige bunkerstations voor aardgas komt voorzichtig op gang, waardoor belemmeringen in de logistieke voorziening van brandstof langzaam verdwijnen. Voor toepassing van aardgas als scheepsbrandstof in de vorm van LNG of CNG zijn echter nog diverse drempels op bedrijfseconomisch en technisch gebied en op het gebied van regelgeving.

Vooraf voor de visserij zijn er diverse uitdagingen die overwonnen moeten worden om aardgas ook voor kleinere vaartuigen (kleiner dan 40 meter) aantrekkelijk te maken. De technologie is beschikbaar, maar het is nog een uitdaging om geïntegreerde technische oplossingen te bedenken die voldoen aan regelgeving en economisch aantrekkelijk zijn. Dit betreft onder andere gaskwaliteit, gasprijzen, bunkeren, methaanslip, opslagsystemen, motorenprestaties en wet- en regelgeving voor schepen en aardgasbunkerstations.

Dit project ondersteunt de ontwikkeling van de zogenoemde “down stream LNG supply chain” vooral vanuit het perspectief van de scheepseigenaar en de leverancier van de aardgasbunkerstations, omdat voor hen de investeringskosten het hoogst zijn. Tezamen met andere leveranciers en kennispartners delen zij informatie, kennis en ervaring binnen dit project, waardoor de transitie naar aardgas als transportbrandstof voor de visserij concreet ondersteund wordt.

### *Doelstellingen*

Dit document betreft een technisch haalbaarheidsproject ter voorbereiding van een industrieel onderzoek (WP2), gevolgd door een experimentele ontwikkelfase waarin zogenoemde “proof of concept” en systeem ontwerpen voor kleinschalige aardgasinfrastructuren en de visserij ontwikkeld worden. (WP3 en WP4).

WP2 geeft inzicht in de huidige operationele - en veiligheidseisen vanuit het perspectief van de scheepseigenaar en eigenaren van aardgas bunkerstations en geeft input voor (industrieel) onderzoek voor universiteiten en kennisinstellingen.

WP3 en WP4 bieden oplossingen voor operationele en veiligheidsgerelateerde zaken met betrekking tot de aardgasinfrastructuur, distributie, bunkering en LNG systemen aan boord voor zowel bestaande als ook nieuw te bouwen vissersvaartuigen uitgerust met aardgasmotoren of dual fuel motoren.



Het project richt zich op twee nauw met elkaar verbonden onderdelen. Enerzijds het visserijvaartuig met het bijbehorende ontwerp, systeem en de operatie waarbij aardgas ingezet wordt als transportbrandstof aan boord. Anderzijds is dit de zogenoemde “downstream LNG supply chain” infrastructuur die het bunkeren van aardgas mogelijk moet maken. Dit onderzoek wordt vooral vanuit het perspectief van de scheepseigenaar en de eigenaar van het bunkerstation uitgevoerd en onderzoekt hoe aardgas een economisch en technisch uitvoerbare optie kan zijn voor beide partijen.

De analyse betreft een inventarisatie van mogelijkheden voor de scheepseigenaar om te voldoen aan de (toekomstige) emissie eisen voor zijn vissersvaartuig. Vanuit dat perspectief is een scheepseigenaar primair geïnteresseerd in de prijs en beschikbaarheid van aardgas in vergelijking met andere opties als marine gasolie (MGO) of zware olie (HFO) en het gebruik van wasinstallaties voor uitlaatgassen (ook scrubbers genoemd). De opties voor de scheepseigenaren worden geëvalueerd op basis van total cost of ownership (TCO) vereisten alsmede bestaande standaarden en veiligheidsaspecten.

De technische en economische haalbaarheid voor verschillende potentiële aardgasleveranciers en andere belanghebbenden wordt onderzocht. Ook de verantwoordelijkheden van lokale, nationale en internationale autoriteiten, energieleveranciers, energie-industrie en andere private partijen worden geëvalueerd vanuit operationeel- en investeringsperspectief. Tenslotte worden (locatie) eisen en karakteristieken voor bunkerstations opgesteld inclusief mogelijke aansluitingen met andere modaliteiten zoals binnenvaart en/of wegvervoer.

Het project resulteert in de formulering van basis principes en voorwaarden voor verdere ontwikkeling van componenten en subsystemen, zowel aan boord van vaartuigen als aan de wal. Bovendien levert het project kennis en informatie die gebruikt kan worden om (inter)nationale wetgeving en klasseregels inzake aardgassystemen aan boord van schepen en aardgasbunkerstations beter aan te laten sluiten bij de operationele praktijk van de visserij. Dit project draagt daarmee bij aan :

- Samenwerken in de zogenoemde “downstream LNG chain”
- Omzetten van bestaande kennis en expertise in praktische oplossingen en relevante (fundamentele) onderzoeksvragen en innovaties.
- Bepalen van haalbare en veilige kleinschalige aardgasbunkerstations en aardgasinstallaties aan boord alsmede veiliger en kostenefficiënter gebruik hiervan.
- Verbeteren van de maatschappelijke betrokkenheid van de visserijsector en de aardgasindustrie, in het bijzonder met betrekking tot milieuproblematieken.

Het consortium heeft de eisen onderzocht voor aardgassystemen voor vissersvaartuigen inclusief scheepsontwerpen, aardgassystemen aan boord en op de wal en de benodigde systemen en componenten die voor de visserij kunnen leiden tot praktische toepassingen.



## Project resultaten

### WP1 – Projectmanagement

Het werkpakket projectmanagement bevat alle coördinerende en ondersteunende activiteiten om het project tezamen met de deelnemers goed te laten verlopen. Gedurende het project heeft de focus vooral gelegen op het delen van nieuwe kennis over aardgassystemen aan boord van schepen en aan de wal alsmede de operationele inzet van vissersvaartuigen in de dagelijkse praktijk. Veel van deze kennis werd door de partners verkregen uit andere aardgasprojecten voor de maritieme sector, waaronder aardgastoeepassingen voor binnenvaartschepen, aardgassystemen voor ferries, aardgasbunkerstations, veiligheidseisen en dergelijke, waardoor er een sterke kennisbasis aanwezig was en zich een zogenaemde “community of practice” ontwikkelde.

Een samenwerkingsovereenkomst werd opgesteld en ondertekend door alle partijen aan het begin van het project in April 2014. In een periode van dertig maanden zijn er 15 algemene bijeenkomsten gehouden voor alle deelnemers in het project. Het gemiddelde opkomstpercentage op de algemene bijeenkomsten was met 85% inspirerend voor alle deelnemers.

Naast deze bijeenkomsten zijn er diverse kleinschalige bijeenkomsten geweest tussen de deelnemers om specifieke informatie en kennis uit te wisselen. Diverse deelnemers waren de afgelopen dertig maanden ook nauw betrokken bij aardgasontwikkelingen in de scheepvaart en/of de aanleg van bunkerstations.

Diverse initiatieven beginnen nu vorm te krijgen voor de deelnemers in het project Alternative Fuels for Fishing Vessels. Op deze wijze wordt bijgedragen aan de transitie naar aardgas als een schone transportbrandstof in de scheepvaart in het algemeen en de visserij in het bijzonder.

Vanwege de coöperatieve opstelling en inspanning van alle betrokkenen kon de voorgenomen planning en budget allocatie gerealiseerd worden. De zaken zoals beschreven in het oorspronkelijke projectplan zijn gedurende het project doorgelopen. Een rekenmodel is opgesteld door Pitpoint met ondersteuning van diverse andere partners. Dit rekenmodel geeft inzicht in de haalbaarheid van aardgasoplossingen versus gasolie (MGO) als transportbrandstof.

De technische en operationele data voor dit rekenmodel werd aangeleverd door alle relevante partners in het consortium. Financiële en economische data die algemeen beschikbaar is in het publieke domein zoals brandstofprijzen zijn in het model verwerkt. Data die niet vrij beschikbaar is in het publieke domein is om eisen m.b.t. mededinging niet gepubliceerd.

Elke deelnemer kan het rekenmodel gebruiken om daarin eigen financiële gegevens in te voeren en te onderzoeken welke oplossing onder welke omstandigheden al dan niet haalbaar is.



## WP2 – Stand van zaken techniek en regelgeving

### WP 2.1. – Operationele aspecten

De operationele aspecten spitsen zich met name toe op het vastleggen van de vaarprofielen van de vissersschepen die binnen de Nederlandse visserij worden ingezet. Deze vaarprofielen vormen de basis voor de energievraag aan boord. In dit project zijn de vaarprofielen van de volgende representatieve schepen voor de Nederlandse visserij geselecteerd:

- Traditionele bokker
- Pulsbokker (Noord)
- Pulsbokker (Zuid)
- Sumwingbokker (Noord)
- Twinrigger (Noord)
- Europulskotter (Noord)
- Europulskotter (Zuid)
- Eurosumwing (Zuid)

De eerste vijf scheepstypen betreffen grotere vissersvaartuigen (lengte ca. 40 meter) met een maximaal beschikbaar vermogen van ca. 1.468 kW. De laatste drie scheepstypen zijn kleinere vaartuigen, zogenoemde Eurokotters (lengte max. 24 meter) met een maximaal beschikbaar vermogen van 220 kW.

In figuur 1 is een voorbeeld van een vaarprofiel met bijpassend brandstofverbruik van een Pulsbokker weergegeven.

In de **blauwe cellen** worden de invoergegevens weergegeven voor onder andere de Hoofdmotor (HM) en de Hulpmotor (HuMo) tijdens de verschillende vaartoestanden, rompsnelheid, afstand tot visgronden, reisduur, draaiuren, duur vistreks, brandstofverbruik, aantal visweken per jaar, brandstofkosten e.d.

De financiële gegevens, zoals brandstofkosten, besomming e.d. zijn in het onderstaande voorbeeld op nul gezet om te voorkomen dat er een discussie ontstaat over financiële gegevens.

In de **rode cellen** worden de berekeningen gedaan en de uitvoergegevens gepresenteerd, zoals bijv. het weekverbruik van het vissersvaartuig, de brandstofkosten op jaarbasis en de besommingen.

Voor elk van de bovengenoemde scheepstypen kan op deze wijze berekend worden wat de brandstofkosten per jaar bedragen bij een gegeven operationeel profiel.

Het verschil in brandstofkosten bij het gebruik van Marine Gas Oil (MGO) en een alternatieve brandstof als aardgas (CNG of LNG) tezamen met een door de ondernemer vereiste terugverdientijd van de investering bepaald welke budget voor een alternatieve brandstofinstallatie beschikbaar is aan boord van een bestaand of een nieuw te bouwen vissersvaartuig.



Vaartuigprofiel of Visreis-schema met bijpassend brandstofverbruik:							
Er kunnen aan deze voorstelling van waarden geen rechten worden ontleend, daar deze voor elke reder of vrtg anders zullen zijn. De ingevoerde waarden dienen slechts studiedoelende.							
pos.	omschrijving	code	invoergegevens - uitvoergegevens	opmerkingen (formules)		Stel sleet op: 1,00%	
		aantal pk	aantal eenheden	gem.kosten e.	perc.etc.		
1	HM (vis)vermogen op max. (of zgn. vis)toeren in tij		1.000 pk			input (tot max. as-pk's)	
2	HM (vis)vermogen op max. (of zgn. vis)toeren voor tij		550 pk			input (as-pk's op ingehouden toeren, <b>lefst op cruise control</b> )	
3	HM gem.(vis)verm. op gem. (vis)toeren&evt. sleet (voor/in tij)	(npk)	775 pk			gemiddelde vermogen: voor tij - in tij	
4	HM gem.(vis)verm. op gem. (vis)toeren met sleet (voor tij-in)	(mpk)	783 pk			input (max.as-pk's)	
5	HM gem. stoomvermogen in tij (evt. op zgn. stoomtoeren)		800 pk			input (tot max. as-pk's)	
6	HM gem. stoomvermogen voor tij		500 pk			input (as-pk's op ingehouden toeren)	
7	HM gem. stoomvermogen voor-& in tij	(vpk)	650 pk			voor tij - in tij	
8	HM max. stoomvermogen met evt. sleet	(spk)	657 pk			input (tot max. as-pk's)	
9	Stationair vermogen HM	(SV)	120 pk			input gem. met/zonder schroef	
10	Stationair vermogen HuMo	(sv)	20 pk			input	
11	Rompsnelheid bij de gegeven (vis)toeren-pk's	(rsv)	10,00 mijl/u		100,0%	input	
12	Extra rompsnelheid op gem. zuinige stoomtoeren-pk's	(rss)	10,00 mijl/u		100,0%	input	
13	Stoommijlen visgronden vice-versa (gem. 50% af te leggen)	(ww)	48,0 mijl			input (1/2 reis)	
14	Visreis. duur	(vr)	100,0 u/wk		100,0%	input (bijv. ma. 02.00u t/m vr. 06.00u (bijv. 22u+3d*24u+6u))	
15	Stoomtijd, verplaatsingen (evt. op stoomtoeren)	(vp)	4,0 u/wk		4,00%	input	
16	HuMo draaiuren, niet functioneel vermogen	(nfv)	6,00 u/wk			input (bijv.: bij korte trekken blijft evt. 2e HuMo evt. bij)	
17	HuMo draaiuren boordnet, havenbedrijf	(hb)	1,5 u/wk			input	
18	Vistrek, duur bruto	(tdb)	2,00 u/trek			(tdn+vhv)	
19	Vislier, haal/viertijd	(vhv)	0,15 u/trek			input (minuten/60)	
20	Vislier, doorhaal/viertijd	(dhv)	0,050 u/trek			input (min./60)	
21	Vistrek, duur netto	(tdn)	1,85 u/trek			tdb-tdn	
22	Stationair vermogen HM, bedrijfsduur haven	(sh)	0,20 u/wk			input	
23	Stationair vermogen HM, reparatieduur schade visgerei	(sn)	6,00 u/wk			input (reparatieduur van visgerei gedurende de visweek)	
24	Vistijd, bruto	(vtb)	84,4 u/wk		84,4%	(vr+vr)	
25	Stoomtijd, visgronden (evt. op stoomtoeren)	(wv)	9,6 u/wk		9,6%	(vvv*2rsv), stomen vice-versa, afhankelijk van keuze visgronden	
26	Vistrekken, aantal	(vt)	37,2 trk/wk			((vtb-(sn+vp))/tdb)	
27	Brandst. verbr. HM (±140gr/pk hoog verm./±160gr lg verm.)	(xgr)	145 gr/pk			input (hoe < belasting, hoe > br.st.verbr.; sleet op verst. -br.st.pomp)	
28	Brandstofverbruik HuMo, 180-210gr	(ygr)	190,0 gr/pk			input (lage belasting geeft ongunstig br.st. verbruik, ook in weekends)	
29	HuMo gem. boordnetvermogen (bij ACler 5kVA extra)	(kVA)	7,0 kVA			input gem. (netto met pulse, dekwas, verlichting, schoonnet, etc.)	
30	HuMo gem. weekend generatorvermogen	(kva)	0 kVA			input (wk of jaar gemiddelde, denk om winterdag)	
31	Vislieraandrijfvermogen, gem.	(lpk)	90 pk			input (per 6min. 50% halen en 50% vieren: halen niet op volvermogen)	
32	HuMo gem. boordnetvermogen vis+havenbedrijf	(bpk)	85 pk			(kVA*0,81,36/0,95/0,94)	
33	HuMo gem. weekend generatorvermogen	(hpk)	0 pk			(kVA*0,81,36/0,95/0,94)	
34	HuMo gem. lieraandrijfvermogen (bij ACler minder verm.)	(dpc)	120 pk			(DCIermotorpk/0,715/0,94; AC= ca. 10% gunstiger)	
35	HuMo draaiuren, boordnetvermogen		100,2 u/wk		100,0%	(vrn+sh) (let op: bij laag vermogen past een ongunstig verbruik)	
36	HuMo draaiuren, lieraandrijfvermogen		5,6 u/wk		5,6%	(vt*vhv), % insch.duur t.o.v. draaiuren boordnet	
37	HuMo draaiuren, lieraandrijfverm. doorhalen/vieren		1,9 u/wk		1,9%	(vt*dhv), % insch.duur t.o.v. draaiuren boordnet	
38	HuMo draaiuren, weekend generatorvermogen		67,8 u/wk			(7*24u-(vrn-sh))	
39	Stoomtijd, HM totaal op stoomtoeren	(wvp)	13,60 u/wk		13,6%	(vv+vp)	
40	Visvermogen HM, duur = netto vistijd	(vv)	68,8 u/wk		68,8%	(vtb-(vt*vhv+sn+vp)), of (vt*tdn)	
41	Visvermogen 2/3HM à 3/4 haal/viertijd, duur	(vv)	3,7 u/wk		3,7%	(vt*2/3*vhv))	
42	Stationair vermogen HM, visreisdur	(sv)	5,9 u/wk		5,9%	(vt*2/3*vhv+sn)	
43	Stoomtijd, HM totaal op stoomtoeren	(wvx)	13,60 u/wk		0,0%	(vvp*rsv/rss); % stoomtijdwinst tov vstoeren	
44	HM verbruik op stationair vermogen (gem. belasting)	120 pk	126 ltr/wk	€ -	0,9%	((sd-sh)*SV*xgr/1000kg/s), zonder schroef & met schroef	
45	HM verbruik op gem. visvermogen (voor tij-in tij)	783 pk	9.299 ltr/wk	€ -	68,9%	(vii*mpk*xgr/1000kg/s)	
46	HM verbruik op 2/3 visvermogen à 3/4 haal/viertijd	522 pk	337 ltr/wk	€ -	2,5%	(vii*mpk*2/3*xgr/1000kg/s)	
47	HM verbruik bij stomen (bij gegeven vermogen)	650 pk	1.077 ltr/wk	€ -	8,0%	(vv*vpk*xgr/1000kg/s)	
48	HM verbr. bij verplaatsingen (bij gegeven vermogen)	650 pk	449 ltr/wk	€ -	3,3%	(vp*vpk*xgr/1000kg/s)	
49	HuMo verbruik, boordnetvermogen	85 pk	1.981 ltr/wk	€ -	14,7%	((vr+sh)*bpk*xgr/1000kg/s)	
50	HuMo verbruik, lieraandrijfvermogen halen/vieren	120 pk	153 ltr/wk	€ -	1,1%	(vt*vhv*dpk*xgr/1000kg/s)	
51	HuMo verbruik, lieraandrijfverm. doorhalen/vieren	60 pk	25 ltr/wk	€ -	0,2%	(vt*dhv*(dpk/2)*xgr/1000kg/s)	
52	HuMo verbruik, niet functioneel draaien 2e set	20 pk	27 ltr/wk	€ -	0,2%	(nfv*sv*xgr/1000kg/s)	
53	HuMo verbruik, weekend generatorvermogen	0 pk	0 ltr/wk	€ -	0,0%	((7*24u-(vrn-sh))*hpk*xgr/1000kg/s)	
54	HM weekverbruik (bij stomen op gegeven toeren-pk's)		11.287,04 ltr/wk	€ -	83,6%	(som 40 t/m 44) incl. evt. % sleet	
55	HuMo weekverbruik (incl. weekend), na seizoensfactor	1,00	2.187 ltr/wk	€ -	16,2%	(som 45 t/m 49) (seizoen fact. voor zeegang en temp.)	
56	Lek & sludge verliezen		20 ltr/wk	€ -	0,1%	input	
57	Weekverbruik (bij stomen op vstoeren) voor-&in tij		13.494 ltr/wk	€ -	100,0%	(som 54 t/m 58)	
58	HM weekverbruik extra, op stoomtoeren + verstuiverslees	657 pk	15 ltr/wk	€ -	0,1%	(((vxx(sp-k-vpk))-vvp-vvxjvpxgr/1000kg/s)	
59	Weekverbruik, bij stomen op gegeven stoomvermogen		13.509 ltr/wk	€ -	100,1%	(som 57 + 58)	
60	Brandstofkosten, min.-max.		ltr				
61	Visweken per jaar		45 wk/jr				
62	Vistrekken, aantal bij geg. rompsnelheid op vstoeren		37,2 trk/wk		10	mijl/u zie 26	
63	Extra vistrekken bij 1 mijl/u hogere rompsnelheid (stomen)		40,6 trk/wk		11	mijl/u	
64	Extra vistrekken bij 2 mijl/u hogere rompsnelheid (stomen)		41,0 trk/wk		12	mijl/u	
65	Kortere visreis bij 1 mijl/u hogere rompsnelheid (stomen)		-6,9 u/wk		11	mijl/u voor zelfde vangstquota	
66	Kortere visreis bij 2 mijl/u hogere rompsnelheid (stomen)		-7,6 u/wk		12	mijl/u voor zelfde vangstquota	
67	Tijdwinst door stomen op meer vermogen (hoger toerental)		0,00 u/wk		-	uur/jaar geen tijdwinst bij zuinige stomen (op vstoeren)	
68	Brandstofkosten stomend op geg. vstoeren-pk's		607,227 ltr/jr	€ -	-	p/jaar	
69	Brandstofkosten extra, bij stomend op geg. stoomtoeren-pk's		687 ltr/jr	€ -	-	p/jaar zie 58	
70	Brandstofkosten HM stomend op gem. stoomtoeren p/uur	657 pk	113 ltr/u	€ -	-	p/uur met gegeven sleet	
71	Brandstofkosten HM vissend op gem. vstoeren p/uur	783 pk	135 ltr/u	€ -	-	p/uur met gegeven sleet	
72	Brandstofkosten visreis, incl. stomen+HuMo+weekend		135 ltr/u	€ -	-	p/uur 59((14+21), tot verbr./ (vr+sh))	
73	Brandstofkosten visreis, incl. stomen (alleen HM)		113 ltr/u	€ -	-	p/uur ((som 44 t/m 48+56+58)/(vr+sh))	
74	Besomming per week min. t.o.v. max. (aannamen)		p/wk	€ -	-	p/wk	
75	Opbrengst per vistrek min. t.o.v. max.		€ -	€ -	-	p/trek	
76	Opbrengst per vistrek-uur min. t.o.v. max.		€ -	€ -	-	p/trkuur (25/65/75)	
77	Opbrengst min. besomming t.o.v. wk-brandstofkosten		€ -	€ -	-	p/uur (77-72)	
78	Opbrengst max. besomming t.o.v. wk-brandstofkosten		€ -	€ -	-	p/uur (76-72)	
79	Opbrengst gem. besomming t.o.v. wk-brandstofkosten		€ -	€ -	-	p/uur (78-79)	
84	Opmerkingen:					s.g. gasolie: 840,00 gr/ltr	
85	- Tijdens stomen loopt schroefskromme met extra toeren van diesel (zonder vistuigbelasting) mee op.						
86	Deze extra toeren bieden hogere scheepsnelheid tegen veel extra brandstofkosten.						
87							

Figuur 1: Voorbeeld vaarprofiel Pulsbokker (credits Maaskant Shipyards)



## WP 2.2 – Veiligheidsaspecten

Het statutaire normenkader voor Nederlandse vissersvaartuigen is met name vastgelegd in het Vissersvaartuigenbesluit 2002 met relevante Bekendmakingen a/d Zeevisvaart en het Schepenbesluit 2014. Inspectie Leefomgeving en Transport (Ilent) is verantwoordelijk voor de handhaving van deze regelgeving. (zie ook <https://www.ilent.nl/onderwerpen/transport/visserij/>)

Het gebruik van aardgas als alternatieve brandstof voor vissersvaartuigen wordt niet genoemd. Er is dus geen bestaande regelgeving voor vissersvaartuigen die aardgas als transportbrandstof zouden willen gebruiken.

De Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) werkt aan specifieke regelgeving voor het gebruik van aardgas als transportbrandstof in de binnenvaart. Er is een aanvulling van het Reglement Onderzoek schepen op de Rijn in ontwikkeling met specifieke bepalingen voor schepen die vloeibaar aardgas (LNG) als brandstof gebruiken.

Hoewel dit een goede ontwikkeling is, zijn deze regels niet onverkort toepasbaar op vissersvaartuigen, die veelal op open zee varen en waarbij andere eisen gelden dan de binnenvaart.

Voor de zeevaart en de zeevisvaart wordt door de regelgever vaak teruggegrepen op de International code of safety for ships using Gases or other low-flash point Fuels (IGF code) die binnen de IMO subgroep Bulk Liquids and Gases (BLG) is ontwikkeld.

Deze code is initieel ontwikkeld voor het gebruik van aardgas aan boord van gastankers en sluit dus nauwelijks aan bij de wensen en eisen voor het gebruik aan boord van vissersvaartuigen.

Voor het gebruik van aardgas aan boord van vissersvaartuigen heeft Ilent wel de mogelijkheid om middels het gebruik van ontheffingen bepaalde systeemconfiguraties (tijdelijk) toe te staan.

De insteek in dit project is daarom om niet uit te gaan van bestaande regelgeving voor aardgassystemen aan boord van schepen. Het idee is om vooral op basis van goed scheepsbouwvakmanschap en -ervaringen met andere maritieme segmenten aardgasinstallaties voor vissersvaartuigen te ontwerpen en ontwikkelen.

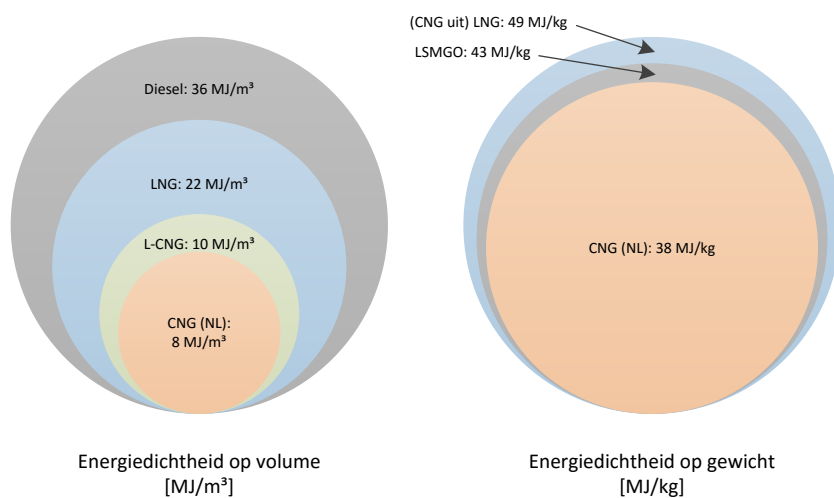
Belangrijke uitgangspunten zijn daarbij de regelgeving zoals die ontwikkeld wordt door de CCR, maar ook de grotere noodzaak voor redundantie van systemen op zeeschepen, de gevolgen van sloshing e.d. Tenslotte is ook gekeken welke eisen gelden voor aardgassystemen in het wegvervoer, omdat de systemen die daar gebruikt worden vaak veel eenvoudiger en dus goedkoper worden uitgevoerd.



## WP 2.3 – Gas en/of vloeistof

In dit werkpakket kan een eerste besluit genomen worden of vloeibaar aardgas (LNG) of gas onder druk (CNG) de beste opslagmethode is. Er zijn daarbij twee belangrijke aspecten. Het ene aspect is de veiligheid aan boord waar dit werkpakket de regels voor kan verschaffen. Het andere aspect is de praktische kant. Lange tijd opslaan van LNG kan tot verdamping leiden door binnenlekken van warmte. De tijdsduur van een week lijkt echter geen groot probleem en misschien moet een terugkoelinstallatie worden geplaatst. Een verder praktische probleem is het opslag volume. De volumes van de energiedragers laten zich bovendien niet evenredig naar het extra volume van het opslagsysteem vertalen.



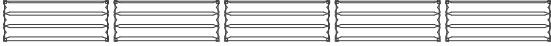
Aardgas kan gebruikt worden als brandstof voor verschillende vormen van transport, waaronder ook voor vissersvaartuigen. Onder normale condities heeft aardgas geen gunstige energiedichtheid per volume-eenheid vergeleken met conventionele brandstoffen, om het gebruik als transportbrandstof te rechtvaardigen. Door aardgas onder druk op te slaan, ook wel Compressed Natural Gas (CNG) genoemd, heeft het aardgas een verbeterde energiedichtheid op volume. Vloeibaar gemaakt aardgas wordt Liquefied Natural Gas (LNG) genoemd en heeft een nog hogere energiedichtheid dan CNG, echter is LNG cryogeen tot min 163 °C. In Figuur 2 zijn de energiedichtheden van Diesel, CNG en LNG weergegeven.



Figuur 2: Energiedichtheid van diverse transportbrandstoffen (credits Cryonorm)

De technische barrières en mogelijkheden voor opslag van aardgas als brandstof voor vissersvaartuigen worden in deze paragraaf afgewogen. In deze afweging is de pulslingkotter “Morgenster” (zie ook paragraaf 4.2) als uitgangspunt gekozen. Dit vissersschip heeft een brandstofgebruik van ca. 19 m³ diesel per week, in dit geval diesel met een laag zwavel gehalte. In figuur 3 zijn de eigenschappen van brandstof per opslagmethode aan boord van het vissersvaartuig weergegeven.



Brandstof	Energie dichtheid [MJ/m <sup>3</sup> ]	Energie dichtheid [MJ/kg]	Hoeveelheid benodigd per week [m <sup>3</sup> ]	Benodigd brandstof, uitgedrukt in 10ft en aantallen van 20ft containers, voor een week operationeel.	Gewicht van opslagmateriaal [kg]
Diesel	36	43	19		Nihil
LNG	22	49	31		15 000
CNG	8	38	86		>85 000

Figuur 3: Brandstofhoeveelheid uitgedrukt in opslagunits (indicatief) (*credits Cryonorm*)

\* Gegevens gebaseerd op containeropslag voor brandstoffen. Deze kunnen echter niet als brandstoftank(s) gebruikt worden op een vissersschip. Hogere gewichten van opslagmateriaal van alternatieve brandstoffen kan verwacht worden bij toepassing op vissersschepen.

Figuur 3 laat grote volumeverschillen zien per type brandstof en vorm van opslag, waarbij grofweg CNG-opslag 2.5 keer een groter volume inneemt dan LNG. Naast het volume van brandstof is het benodigde eigengewicht van materiaal voor opslag een belangrijk aspect. Gezien de relatief beperkte omvang van vissersvaartuigen en de complexiteit van de installatie zal het plaatsen van LNG- of CNG-opslagtank(s) zorgen voor capaciteitsafname, zowel op ruimte en op het draagvermogen, van het vissersvaartuig.

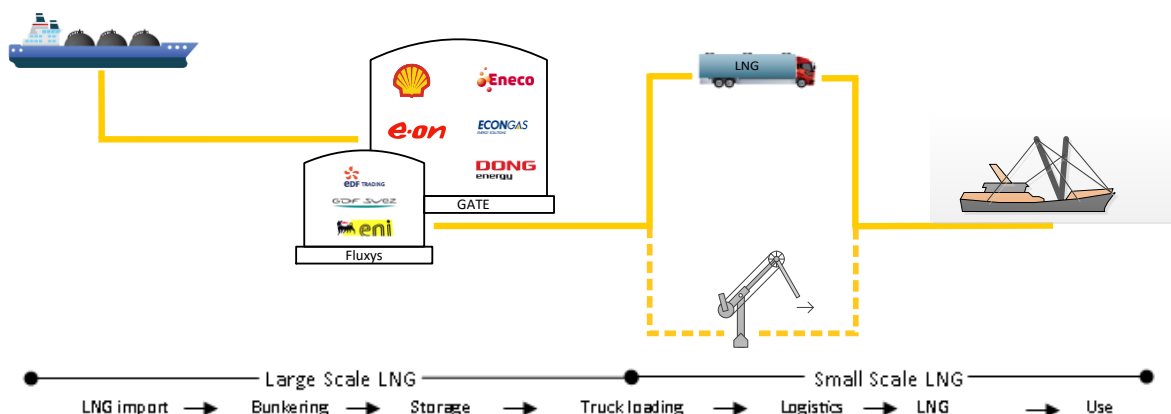
Gezien de beperkte omvang van vissersschepen en het huidige capaciteitsgebruik voor productie, kan gesteld worden dat, binnen dit onderzoek, alleen LNG een alternatieve brandstof kan zijn voor gasolie/diesel.





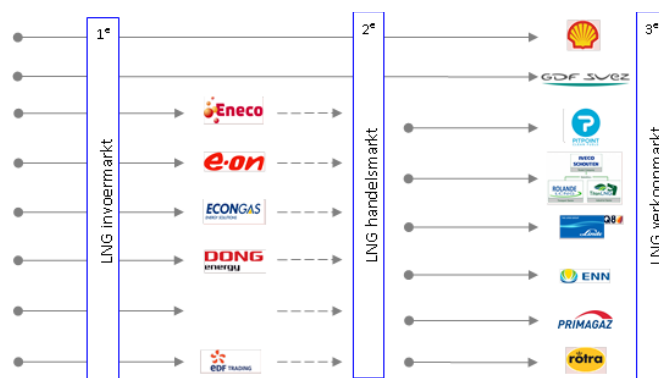
## WP 2.4 - Aardgasdistributie

Sinds LNG-importterminals als Fluxys en later ook GATE geschikt zijn gemaakt voor overslag naar trailers en containers is de mogelijkheid ontstaan om LNG als transportbrandstof te gebruiken. Capaciteitshouders van deze LNG-importterminals zijn eigenaar van het LNG en dus de aangewezen partij om hiervandaan LNG te verkrijgen, zoals beschreven in Figuur 4.



Figuur 4: Capaciteitshouders van LNG importterminals in NW Europa (credits Cryonorm)

De LNG Supply Chain in Nederland is te verdelen in drie markten zoals weergegeven in Figuur 5. Capaciteitshouders van de LNG-importterminal zijn de partijen die zorgen voor LNG invoer, dit is 'LNG invoermarkt' genoemd (midstream). Shell en GDF zijn daarbij partijen die tevens betrokken zijn bij de 'upstream' van LNG. De terminals zijn hoofdzakelijk gebouwd om, na verdamping van LNG, het gas aan het gastransportnet te leveren. Capaciteitshouders kunnen hun LNG ook direct verladen, voor eigen gebruik of verkoop op de 'LNG handelsmarkt'. Vervolgens wordt door 8 partijen in Nederland LNG o.a. verkocht als transportbrandstof.

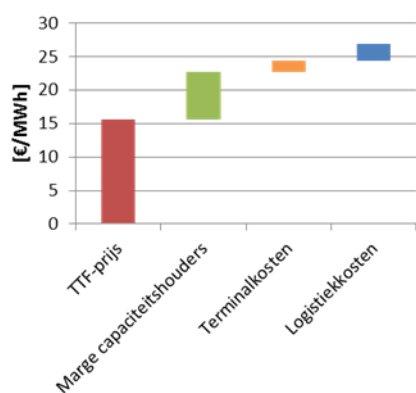


Figuur 5: LNG downstream supply chain (credits Cryonorm)



De kosten voor het gebruik van de 'truck loading service' van een terminal bedragen ca. 500 Euro per lading. Een grootst mogelijke trailerlading, dit is 21 ton, is wenselijk. Daarnaast zijn de logistieke kosten afhankelijk van de afstand tot het schip en van de logistieke dienstverlener (inclusief gebruik van de LNG-trailer).

De LNG-terminals zijn hoofdzakelijk gebouwd om, na verdamping van LNG, het gas aan het gastransportnet te leveren. Capaciteitshouders verhandelen dit op de Title Transfer Facility (TTF). De prijs die capaciteitshouders vragen voor LNG is afhankelijk van de TTF. Gangbare handelsprijzen voor LNG lopen uiteen van 3 tot 10 Euro per MWh bovenop de TTF-prijs. Dit wordt ook wel 'marge voor capaciteitshouders' genoemd. (zie ook Figuur 6)



Figuur 6: Voorbeeld prijsopbouw LNG (TTF prijs inclusief opslagen) (credits Cryonorm)

## Terminal- en logistiekkosten

De waardeketenkosten van LNG zijn hoog. In Figuur 7 zijn de terminal- en logistiekkosten van levering van LNG vanuit LNG-importterminals weergegeven. Transport binnen de Benelux is beperkt tot 21 ton LNG per trailerlading, buiten de Benelux is dit 17.2 ton LNG.

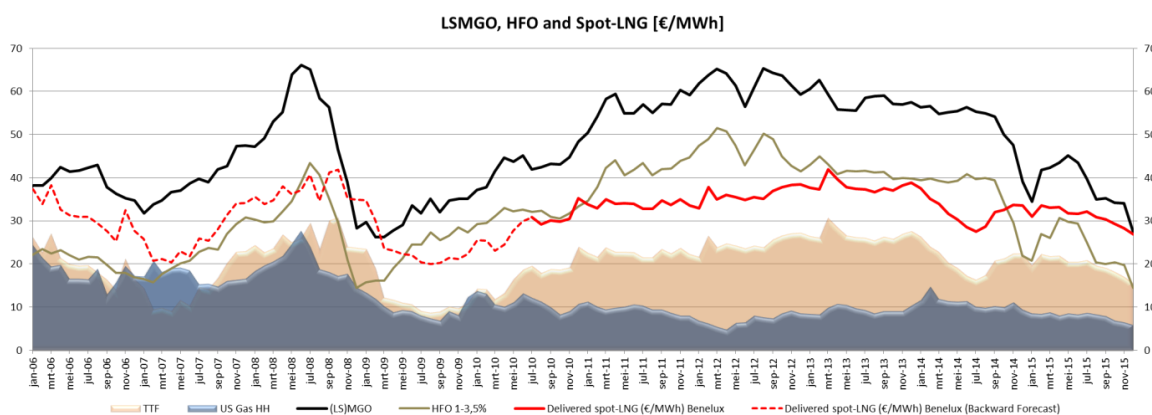


Figuur 7: Terminal- en logistiekkosten LNG in de Benelux (credits Cryonorm)



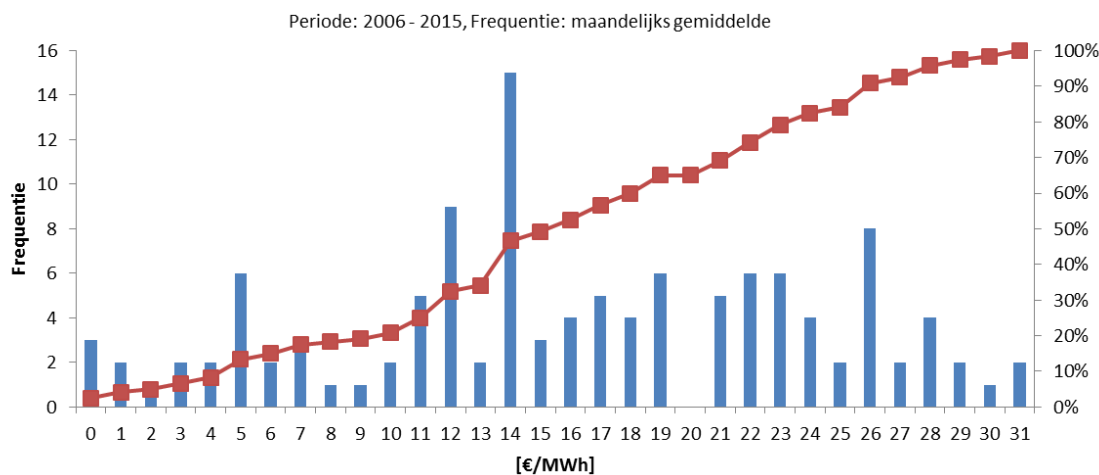
Voor zowel kustvaart- als binnenvaartschepen geldt dat er geen belasting of accijns geheven wordt op gasolie, hedendaags 'Low Sulphur Marine Gas Oil' (LSMGO). Dit betekent dat LNG moet concurreren met LSMGO. De brandstofprijzontwikkeling van zowel gebunkerd LSMGO en afgeleverd LNG in Rotterdam is weergegeven in Figuur 8.

Het economisch potentieel van LNG was in de afgelopen 10 jaar duidelijk zichtbaar. Daarbij zij aangetekend dat de huidige LNG-spotprijsstrategie over de periode dat er nog geen 'truck loading service' beschikbaar was wel is weergegeven. Het economisch potentieel heeft de interesse voor en de ontwikkeling van LNG-aangedreven-schepen aanzienlijk versneld.



Figuur 8: Brandstofprijzen geleverd in Rotterdam (credits Cryonorm)

LNG is een alternatieve brandstof voor diesel met een laag zwavelgehalte. De brandstofprijzontwikkeling laat zien dat LNG een voordeel bood in de afgelopen 10 jaar. Dit prijsvoordeel is in Figuur 9 middels een histogram weergegeven. Hierbij is rekening gehouden met gangbare waardeketen-kosten van LNG met levering tot in de tank in Rotterdam. Het gemiddelde voordeel bedroeg 150 Euro per 1000 liter diesel in de afgelopen 10 jaar.



Figuur 9: Prijsvoordeel van LNG t.o.v. LSMGO in Rotterdam (credits Cryonorm)



## WP 2.5 – Brandstofprijzen

De brandstofprijzen zijn een grote bepalende factor. Daarbij doet de vraag zich voor of het bij de volatiele prijzen voor gasolie gaat om de gasolieprijs zelf of om de verhouding tussen de gasolieprijs en de aardgasprijs. De laatste is niet eenduidig vast te stellen. Er zijn nationaal nauwelijks gepubliceerde tarieven voor de prijs van aardgas voor deze doelgroep. Het CBS geeft een algemene tabel Aardgas en elektriciteit; gemiddelde tarieven, waaruit de tarieven voor klein en grootgrootverbruikers blijken. Voor LNG, in tegenstelling van levering via het gasnet, moet met de kosten van vloeibaar maken rekening gehouden worden. Verder kan het verschil maken of de distributie uit een vast bunkerstation aan de wal plaats vindt of dat de levering via een LNG tankauto plaats vindt.

NOOT: onderstaande is gebaseerd op de (enigszins eenzijdige) ervaringen met het bunkerponton van C.I.V. Den Oever en geprojecteerd op de gebruikers daarvan; de kleinschalige Wieringer visserijvloot van voornamelijk garnalenkotters en bordenvissers, tot een lengte van ca. 24 meter en een vermogen van 220 kW.

### Exploitatie bunkerstation

Op jaarbasis wordt door CIV Den Oever u.a. ca. 7 miljoen liter gasolie verpompt. De gemiddelde prijs van de gasolie over de periode 2013 tot en met 2015 en het eerste kwartaal van 2016 was als volgt:

	2013	2014	2015	1 <sup>e</sup> kw. 2016
gemiddelde prijs <sup>(1)</sup>	€ 62,79 (100 ltr)	€ 57,50 (100 ltr)	€ 41,69 (100 ltr)	€ 29,99 (100 ltr)
opbrengst <sup>(2)</sup>	€ 2,75 (100 ltr)	€ 2,75 (100 ltr)	€ 2,75 (100 ltr)	€ 2,75 (100 ltr)
leden/incasso-korting <sup>(3)</sup>	-/- € 1,- (100 ltr)	-/- € 1,- (100 ltr)	-/- € 1,- (100 ltr)	-/- € 1,- (100 ltr)

<sup>(1)</sup> De vermelde prijzen zijn gebaseerd op Platts 0,1% gasolie

<sup>(2)</sup> De opbrengst bestaat uit het in rekening brengen van een pompvergoeding, een nominaal bedrag en dus geen procentuele vergoeding, en bestaat uit een basisvergoeding per 100 liter minus een eventuele incassokorting en plus een eventuele staffeltoeslag. Het is een vast vergoedingsbedrag en is onafhankelijk van de olieprijs.

<sup>(3)</sup> Leden/incasso-korting wordt verleend aan leden van C.I.V. Den Oever u.a., in geval deze gekozen hebben voor automatische incasso.

<sup>(4)</sup> Leden die een voorziening voor overvulbeveiliging aan boord hebben en zelf kunnen laden, krijgen nog een extra korting.

Omdat de bunkervergoeding is gebaseerd op een modaliteit in hoeveelheid per bunkerbeurt, is deze niet kostendekkend voor kleinere hoeveelheden. Voor de levering van gasolie via het bunkerponton wordt voor kleinere hoeveelheden dan modaal een staffeltoeslag gerekend.

	1500 – 4000 ltr	500 – 1500 ltr	200 – 500 ltr	minder 200 ltr
staffeltoeslag	€ 0,45 (100 ltr)	€ 1,55 (100 ltr)	€ 3,35 (100 ltr)	€ 5,- (100 ltr)



## *Functionaliteit bunkerponton*

Het gasolieladen wordt uitgevoerd door medewerkers van CIV Den Oever. Onder bepaalde omstandigheden kunnen schippers een tankpas aanvragen, waarmee men zelfstandig 24/7 kan bunkeren. Aan het ponton kan aan beide zijden tegelijk worden geladen. Praktisch gezien ligt het zwaartepunt in benodigde beschikbaarheid van brandstof op de vrijdag en de maandag. De overige wekdagen is er zeer beperkte activiteit op het ponton. Op een vrijdag wordt gemiddeld ca. 200 ton gasolie geladen.

## *Bunkertijd gasolie*

De gemiddeld benodigde tijd voor bunkeren van gasolie wordt sterk beïnvloed door het tank- en ontluchtingssysteem aan boord van de kotters. In het bunkersysteem wordt per tankpas / kotter de gewenste pompsnelheid opgeslagen, met als doel om blow-out en overloop te voorkomen. De gebruiker kan in dit systeem niet ingrijpen. Er wordt o.a. mee voorkomen dat om deze redenen vervuiling van het oppervlaktewater kan optreden. Op basis van de lokale Wieringer vloot, voornamelijk bestaande uit kleinschalige garnalenkotters en bordenvissers, kan grofweg worden gesteld dat gemiddeld per week 4 tot 5 ton gasolie wordt geladen. Het bunkeren van gasolie neemt op deze vloot gemiddeld ongeveer 5 minuten per ton in beslag.

## *Consequenties gasolieprijzen*

Mede door de ontwikkeling van de gasolieprijzen over de laatste jaren heeft de lokale Wieringer vloot enige financiële ruimte gekregen voor investeringen. Verbetering van het prijsniveau van de vangsten hebben in de afgelopen anderhalf jaar ook bijgedragen aan financiële versterking van de vloot. Het brandstofverbruik van de schepen tijdens het stomen (de heen- en terugreis) en het vissen wordt nauwelijks beïnvloed door de omvang van de vangst. Deze positieve ontwikkelingen kunnen echter niet direct worden aangewend voor investeringen in ombouw of nieuwbouw van de schepen naar LNG-gebruik. Voor deze terughoudendheid zijn enkele argumenten op te noemen:

1. Er is de voorgaande jaren een aanzienlijke financieringsachterstand opgelopen door hoge exploitatiekosten en lage opbrengsten. Hierdoor moet de vloot nu eerst een flinke inhaalslag maken op gebied van onderhoud van de schepen en vernieuwing van apparatuur, materieel en netten.
2. Vanwege de kleinschaligheid van de lokale Wieringer vloot en de afmetingen / het volume van de schepen, lijken er niet eenvoudig passende LNG-opslagsystemen samen te stellen te zijn. De schepen hebben alle beschikbare ruimte aan boord nodig voor vistuigen, (verwerking)apparatuur, verblijf en techniek.
3. Men is terughoudend met dit soort innovaties vanwege onbekendheid met regelgeving door b.v. de Scheepvaart Inspectie en verzekeringen. Hierin ligt vooral een informatieve taak voor de commerciële partijen.
4. De beperkte mogelijkheden voor financieringen in de visserij.



## WP3 – Business cases voor de visserij

### WP 3.1 Aardgas opslagsystemen

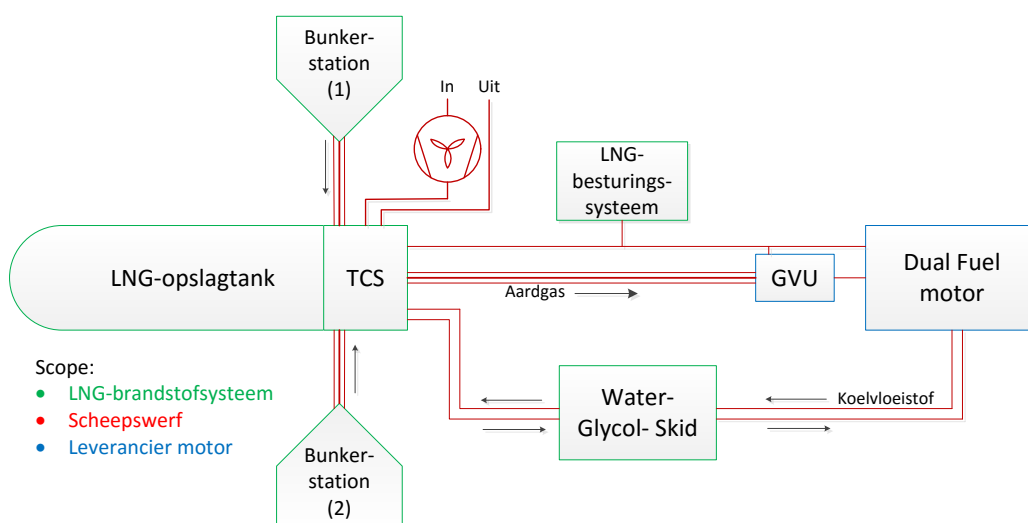
Een enkel uitgevoerd LNG-brandstofsysteem in combinatie met een DF-voorstuwing is de meest economisch haalbare LNG-configuratie om te voldoen aan de ‘Sulphur Emission Control Areas (SECAs)’ reglement. De belangrijkste voordelen van deze configuratie zijn brandstofflexibiliteit, aandrijfzekerheid en dat er geen redundantie in vorm van een tweede LNG-brandstofsysteem en of tweede LNG-motor nodig is.

Zolang de LNG-supply-chain in ontwikkeling is, zal een DF-aandrijfsysteem waarschijnlijk de voorkeur hebben. Brandstofzekerheid, door de mogelijkheid om op zowel diesel als LNG te varen, zorgt ervoor dat rederijen de op dat moment goedkoopste of gewenste brandstof kunnen gebruiken.

Dit aspect zorgt er ook voor dat er geen negatief terugverdienmodel ontstaat, op het moment dat LNG duurder is dan diesel, in dit geval diesel met een laag zwavelgehalte (LSMGO). Daarnaast vergt een DF-configuratie de laagste mogelijke investering om LNG als brandstof te kunnen gebruiken.

Tevens kan het schip varen op diesel in gebieden en of tijden dat er geen LNG beschikbaar is. Dit aspect heeft hierdoor ook geen directe negatieve invloed op de verwachte restwaarde van het schip. Met deze brandstofflexibiliteit kan ook een kleinere LNG-brandstoftank overwogen worden. Dit zorgt voor een lagere initiële investering en voor een minder grote capaciteitsafname van het schip.

Een voorbeeld van een gebruikelijk LNG-brandstofsysteem is weergegeven in Figuur 10. In deze configuratie is een zogenoemde dual fuel (DF) motor opgenomen. Bij een DF-configuratie wordt de voorstuwing gegarandeerd door de mogelijkheid om ook op diesel te varen. LNG-aandrijfsystemen die alleen LNG gebruiken bevatten normaliter dezelfde componenten, maar dan is er een aantal componenten dubbel uitgevoerd t.b.v. redundantie.



Figuur 10: Voorbeeld LNG Brandstofsysteem (credits Cryonorm)



## *LNG-brandstoftanks*

LNG-brandstoftanks zijn gemaakt van roestvaststaal (RVS), dat bestand is tegen cryogene temperaturen. In dit onderzoek worden rvs dubbelwandig vacuüm geïsoleerde, eventueel met perliet, type-C opslagtanks overwogen. Dit type LNG-opslagtanks weerstaan druk en zijn dusdanig geïsoleerd zodat er geen zogenoemde 'boil off gas' ontstaat, aangezien het gebruiken of behandelen van 'boil off gas' extra componenten en subsystemen vereist en onwenselijk is op een vissersschip.

LNG-opslagtanks zijn de grootste kostenpost van een LNG-brandstofsysteem. De prijs van een LNG-opslagtank is grotendeels afhankelijk van zijn grootte. Voor wat betreft het ontwerp en gebruik; vulgraden van de LNG-opslagtanks moeten in acht worden genomen. Een minimale vulgraad van 5% moet ervoor zorgen dat de tank in cryogene conditie blijft. Daarnaast is er een maximale vulgraad, van ongeveer 83%, afhankelijk van het ontwerp, dichtheid van LNG, systeemdruk en werkgebied. Wat betreft de opslagcapaciteit van een LNG-opslagtank kan hiervoor als vuistregel een opslagcapaciteit van 75% worden aangenomen.

## *Tank Connection Space (TCS)*

Alle cryogene componenten om van LNG aardgas te maken zit in de Tank Connection Space (TCS). De grootste kostenpost hierin zijn de verdamper voor drukopbouw in de tank en voor het leveren van aardgas aan de 'gas valve unit (GVU)'. Voor wat betreft een vissersschip kan een extra sterke verdamper in acht worden genomen, mocht er sprake zijn van 'sloshing'. In het ontwerp van Cryonorm is de TCS direct verbonden aan de LNG-opslagtank. Hierdoor is het aantal 'gevaarlijke locaties' aan boord van het schip beperkt. Het is ook mogelijk de TCS apart te ontwerpen t.o.v. de LNG-opslagtank.

## *Bunkersysteem*

Een LNG aangedreven schip is meestal voorzien van twee bunkersystemen, bakboord en stuurboord. Het bunkersysteem kan automatisch of handmatig gebruikt worden. Daarnaast is er een stikstofaansluiting om het LNG-systeem, na bunkeren, gasvrij te maken.

## *Heating glycol skid en LNG-besturingssysteem*

De water-glycol-skid zorgt voor warmte, t.b.v. het verdampen van LNG naar aardgas, door gebruik te maken van de motorkoeling van het schip. Deze tussenstap is gewenst om o.a. bevroering te voorkomen.

Het LNG-besturingssysteem bestuurt alle systemen van het LNG-brandstofsysteem. Het LNG-besturingssysteem automatiseert processen, zoals bijvoorbeeld de drukopbouw in de tank, alarmen, brandstofvoorraad en het noodstop-systeem. Het systeem wordt gevisualiseerd d.m.v. een scherm op de besturingskast op de brug.



## WP 3.2 – Aardgas bunkeren

### *Levering LNG*

Op dit moment varen er diverse binnenvaartschepen op LNG. Dit betekent dat er ondertussen enige ervaring is opgedaan met de introductie van deze nieuwe brandstof. Als de gehele keten bekeken wordt dan is er bepaalde regelgeving beschikbaar.

De klassebureaus hebben technische eisen opgesteld voor de LNG installatie aan boord. Daarentegen zijn de eisen van deze klassebureaus helaas nog niet eenduidig op elkaar afgestemd.

De motorenleveranciers hebben gasmotoren standaard in hun programma opgenomen. En voor opslagsystemen aan boord zijn verschillende oplossingen beschikbaar.

Voor de bunkerstations is regelgeving beschikbaar in de vorm van PGS 33-2. Dit is een beschrijving van vaste bunkerstations geplaatst op het land die vergelijkbaar is met de regelgeving voor LNG tankstations voor vrachtwagens. Het enige verschil met de standaard voor vrachtwagens is dat de afleverinstallatie geschikt is gemaakt voor de levering aan schepen, al dan niet via een drijvend ponton.

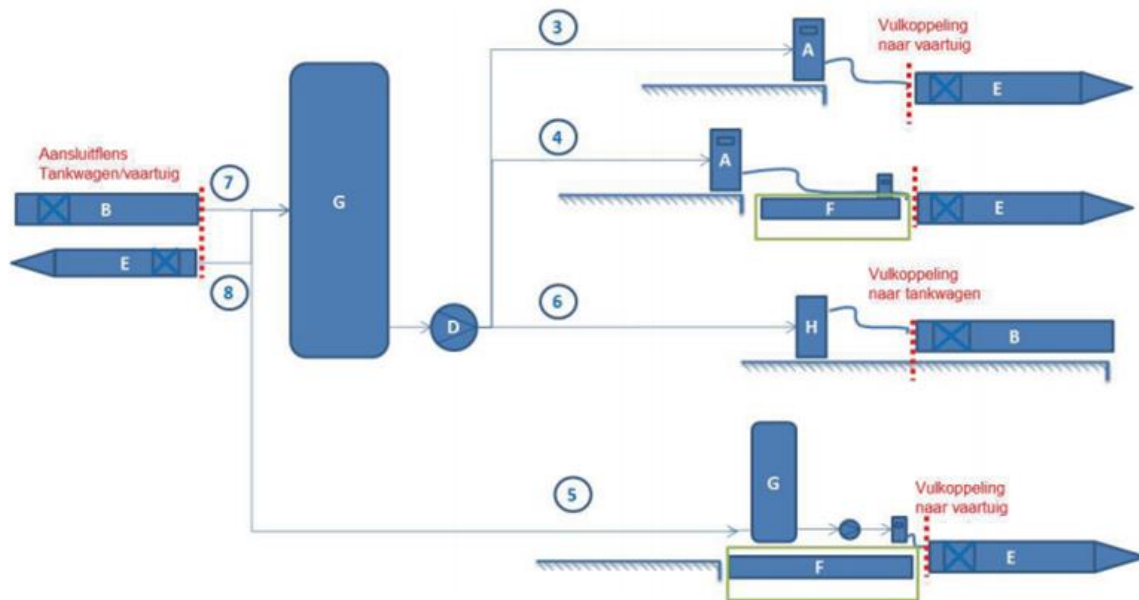
Belangrijk is dat de afleverslang voorzien is van een dry break-away koppeling. In het geval een schip met een aangekoppelde slang wegvaart, voorkomt de dry break-away koppeling dat er LNG vrij komt en de slang breekt.

Een voorbeeld van een LNG opslagtank  $\geq 50$  ton wordt weergegeven in afbeelding 11.





## AARDGAS: AFLEVERINSTALLATIES VAN VLOEIBAAR AARDGAS (LNG) VOOR VAARTUIGEN



### Legenda

- A LNG-afleverzuil landzijde
- B LNG-tankwagen
- D LNG-tankschip
- E Vaartuig
- F Drijvende inrichting (of drijvende steiger)
- G LNG-opslagtank, totale opslag  $\geq 50$  ton
- H Afleverinstallatie voor het laden van LNG-tankwagen

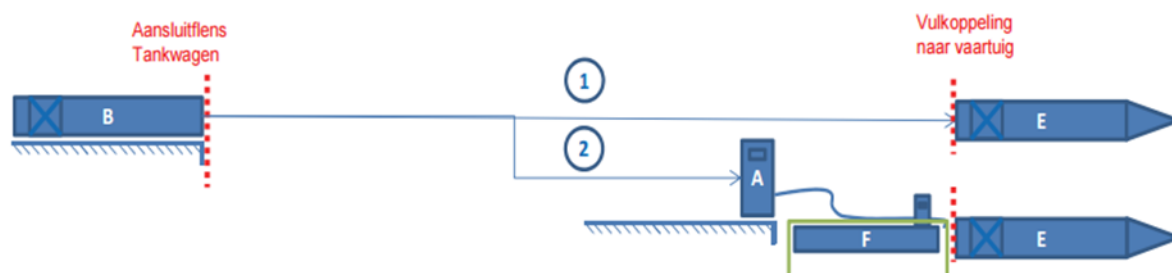
— Afbakening van het toepassingsgebied PGS 33-2

□ Valt buiten het toepassingsgebied PGS 33-2

Figuur 11: Bunkereren vanuit een LNG opslagtank  $\geq 50$  ton en bevoorrading LNG afleverinstallatie. (credits Pitpoint)



Daarnaast bestaat de mogelijkheid om direct vanuit een tankwagen schepen te bevoorraden. Voor de opstart van de markt is dit een goede oplossing, maar in de toekomst zal deze optie vervangen gaan worden door vast bunkerstations, die bevoorraden gaan worden via het water met LNG bunkerschepen (zie afbeelding 12).



## Legenda

A LNG-afleverzuil landzijde  
B LNG-tankwagen

E Vaartuig  
F Drijvende inrichting (of drijvende steiger)

--- Afbakening van het toepassingsgebied PGS 33-2

□ Valt buiten het toepassingsgebied PGS 33-2

Figuur 12: Bunkeren van een vaartuig rechtstreeks van uit LNG tankwagen. (credits Pitpoint)

De eisen die opgenomen zijn in de PGS 33-2 zijn afgestemd met het Havenbedrijf Rotterdam. Het Havenbedrijf Rotterdam heeft in Europees verband (World Port Climate Initiative: WPCI) een checklist opgesteld voor de procedure voor het leveren van LNG aan schepen. Deze checklist is integraal overgenomen in de PGS 33-2.

De belangrijkste veiligheidsvoorzieningen zijn tijdens de levering dat er een automatisch ESD systeem aanwezig is. In geval van calamiteit moet de pomp automatisch gestopt worden, zodat de levering veilig beëindigd wordt. Indien via een tankwagen geleverd wordt moet er een dodemansknop zijn geïnstalleerd die iedere drie minuten geactiveerd dient te worden. Indien dit niet tijdig gebeurt dient de levering automatisch te stoppen en worden het ESD systeem geactiveerd.

Daarnaast moet voor iedere locatie een externe veiligheidsanalyse gemaakt worden (Quantitative Risk Analyses (QRA)). Deze is vastgelegd in een rekenmethodiek voor LNG tankstations opgesteld door het RIVM.

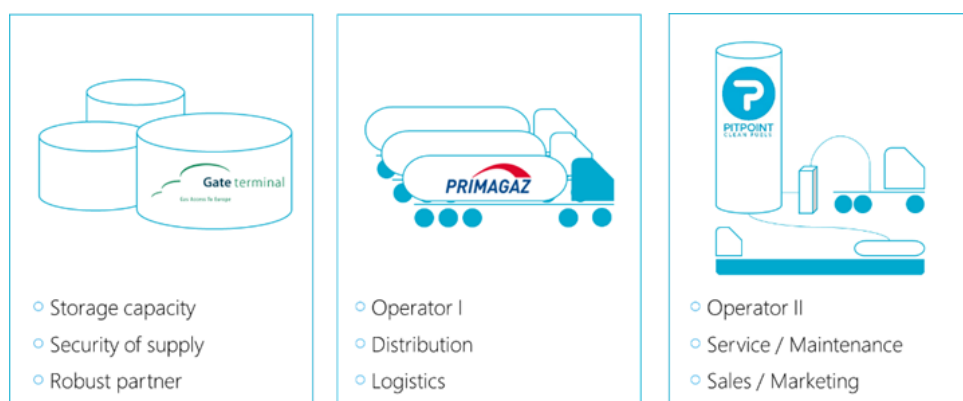
[http://www.rivm.nl/Documenten\\_en\\_publicaties/Professioneel\\_Praktisch/Protocollen/Milieu\\_Leefomgeving/Externe\\_Veiligheid/Rekenmethodiek\\_LNG\\_tankstations](http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Professioneel_Praktisch/Protocollen/Milieu_Leefomgeving/Externe_Veiligheid/Rekenmethodiek_LNG_tankstations).



Daarnaast is er is een circulaire externe veiligheid LNG tankstations opgesteld door het Ministerie van I&M, waarin naast de berekende QRA afstanden ook de effectafstanden in beschouwing worden genomen. (<http://wetten.overheid.nl/BWBR0036225/2015-02-04>).

Er zijn verschillende leveranciers actief, dus LNG als scheepsbrandstof is commercieel beschikbaar. Alle leveringen worden op dit moment per tankwagen uitgevoerd, er zijn nog geen vaste bunkerstations beschikbaar. De locaties van waaruit LNG geleverd kan worden zijn nog wel beperkt, In Rotterdam is de Seine haven aangewezen als locatie. In Moerdijk en Amsterdam zijn ook locaties aangewezen. Het is dus niet zo dat vanuit een tankwagen op iedere locatie LNG geleverd kan worden. Ook de levering vanuit een tankwagen moet aan strenge eisen voldoen met betrekking tot externe risico contouren (QRA).

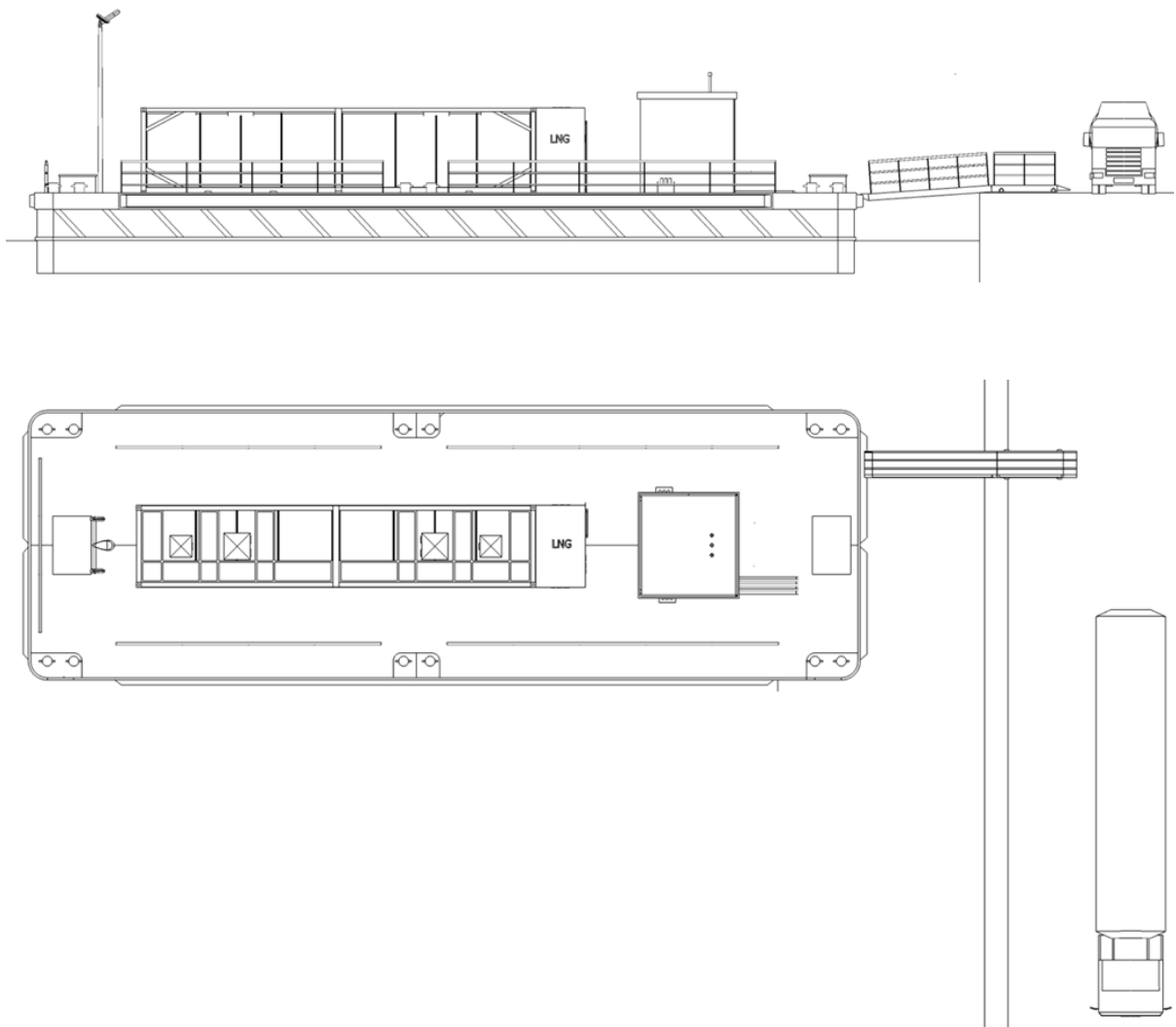
Er zijn verschillende concepten mogelijk voor de realisatie van een LNG bunkerstation. In eerste instantie is in de opstartende markt bevoorrading direct per tankwagen een oplossing. Het is op dit moment de goedkoopste oplossing. Voor de toekomst is dit geen duurzame oplossing, omdat de logistiek bij een groeiende markt niet haalbaar is. Er komen dan te veel vervoersbewegingen die het voordeel van varen op LNG weer teniet doen. Daarnaast is het aantal beschikbare slots op de terminal te beperkt om LNG op te halen. In de toekomst zal vanuit een vaste bunkerinstallatie LNG geleverd gaan worden. De bevoorrading van zo'n vast vulpunt kan in eerste instantie worden uitgevoerd met tankwagens, maar uiteindelijk zal de bevoorrading door bunkerschepen gedaan worden (zie ook afbeelding 13).



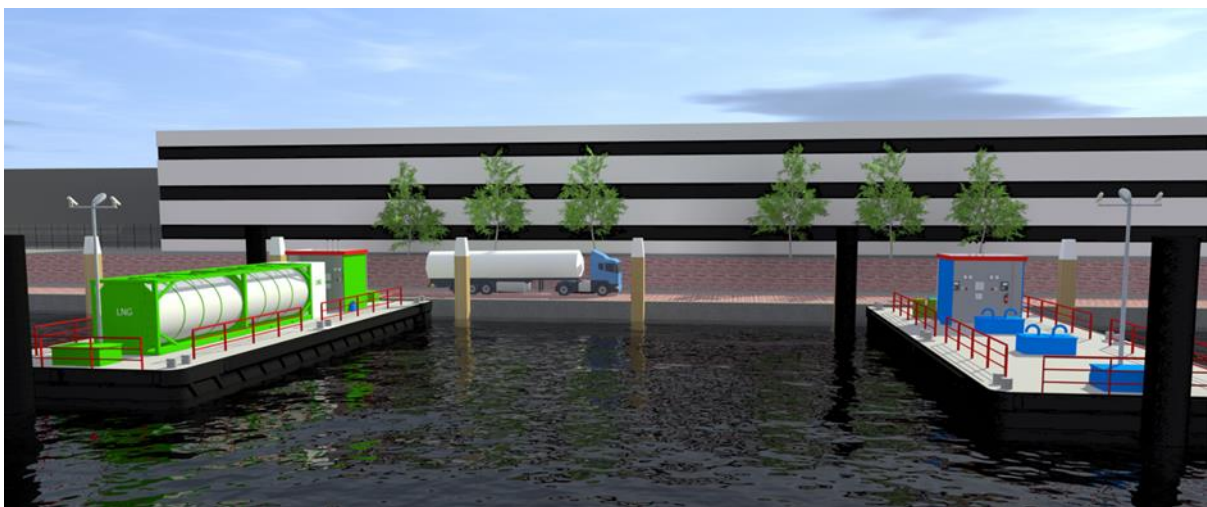
Figuur 13: Voorbeeld van de downstream LNG leveringsketen. (credits Pitpoint)

De uitvoering van een bunkerstation voor LNG zal bestaan uit een vaste opslag en een afleverinstallatie naar het schip. Deze installatie kan eventueel ook op een ponton geplaatst worden zoals in afbeelding 14 en 15 is weergegeven.

In figuur 15 is in een artist impression de bestaande conventionele gasoliebunkerinstallatie rechts weergegeven in **blauw** en een nieuw te ontwikkelen LNG bunkerstation links weergegeven in **groen**.



Figuur 14: Algemeen Plan LNG bunkerbarge bij CIV Den Oever. (credits CIV Den Oever - Koers & Vaart)



Figuur 15: Artist impression LNG bunkerbarge bij CIV Den Oever. (credits CIV Den Oever - Koers & Vaart)



## *Levering CNG*

Voor de levering van CNG aan vaartuigen is er nog geen specifieke regelgeving beschikbaar. Er is inmiddels wel veel ervaring met rijden op CNG in Nederland. De eisen voor een CNG tankstation zijn vastgelegd in PGS 25. Daarnaast hoeft voor de realisatie van een CNG tankstation geen separate vergunning worden aangevraagd, een CNG tankstation is opgenomen in het activiteiten besluit en volstaat met een melding. In het activiteiten besluit is wel de verwijzing naar PGS 25 opgenomen.

Pitpoint heeft echter al wel ervaring met het leveren van CNG aan vaartuigen. In Amsterdam worden al meer dan 10 jaar 12 rondvaartboten iedere dag voorzien van CNG. En recent heeft PitPoint voor de TESO een vulstation gerealiseerd wat de veerboot naar Texel gaat voorzien van CNG.

Hierbij zijn de uitgangspunten van de PGS 25 gehanteerd met enige aanvullingen. Ten eerste is er een koppeling gemaakt met het ESD systeem van het schip. In geval van een calamiteit aan boord van het schip zal het ESD systeem van het CNG tankstation ook worden geactiveerd waardoor de compressor en het afleveren van CNG automatisch worden gestopt.

Ten tweede is er een automatische lekttest ingebouwd. Tijdens het vullen van het schip wordt periodiek de drukverhoging gemeten. Als deze niet in overeenstemming is met de berekende drukverhoging wordt de levering automatisch gestopt.

Als laatste aanvulling is de maximale druk die het tankstation kan leveren lager dan de maximale vuldruk van de tanks aan boord van het schip. Hierdoor kan het schip nooit "overvuld" worden.



## WP 3.3 – Aardgasmotoren

De projectpartners Sandfirden Technics en Wärtsilä leveren beiden aardgasmotoren voor de visserij en hebben beiden een trackrecord opgebouwd met gasmotoren in de maritieme sector.

### Sandfirden Technics

De motoren van Sandfirden Technics zijn zogenoemde lean burn motoren die volgens het Otto principe werken, waarbij een bougie het aardgasmengsel ontsteekt. Deze motoren worden in combinatie met een generator als generatorsets gebruikt en zijn vooral geschikt voor een dieselelektrische voortstuwing.

Het vermogen van de Sandfirden Scania SGI-16M motor bedraagt 285 kWe op 60Hz bij een normal rating COP (Continuous power according to the international performance standard ISO 3046).

Het vermogen van de Sandfirden Sisu SGI-7M motor bedraagt 120 kWe op 60Hz bij een normale rating COP.

Deze motoren zijn bij uitstek geschikt voor het hulpbedrijf aan boord of voor een volledig diesel elektrische voortstuwing waarbij meerdere dieselgeneratorsets al naar gelang de vermogensvraag bij of afgeschakeld kunnen worden. De motoren draaien een constant toerental op het optimale werkpunt en leveren daarbij een maximaal elektrisch vermogen. Deze motoren zijn echter niet geschikt om de voortstuwder direct aan te drijven.

Vaak kunnen deze gasgeneratorsets als powerpack in een container geleverd worden, waardoor het onderhoud aanzienlijk vereenvoudigd kan worden. Er wordt simpelweg een nieuwe powerpack aan boord geïnstalleerd (zie ook figuur 16). De ombouw van bestaande Scania motoren naar gasmotoren is te kostbaar en niet efficiënt.



Figuur 16: Powerpack met gasgeneratorsets (credits Sandfirden Technics)



Een voorbeeld van een toepassing in de maritieme sector met Powerpacks en gasgeneratorsets zijn de Greenstream en de Greenrhine die beiden voor Royal Dutch Shell varen.

De SGI gasgeneratorsets zijn met een vermogen van zo'n 220 kW per stuk uitermate geschikt voor de middelgrote tot grote visserij. In Nederland zijn er naar schatting zo'n 220 van deze middelgrote kotters actief. Qua ruimtebeslag aan boord vormt vooral de opslag van LNG de grootste uitdaging voor deze schepen.

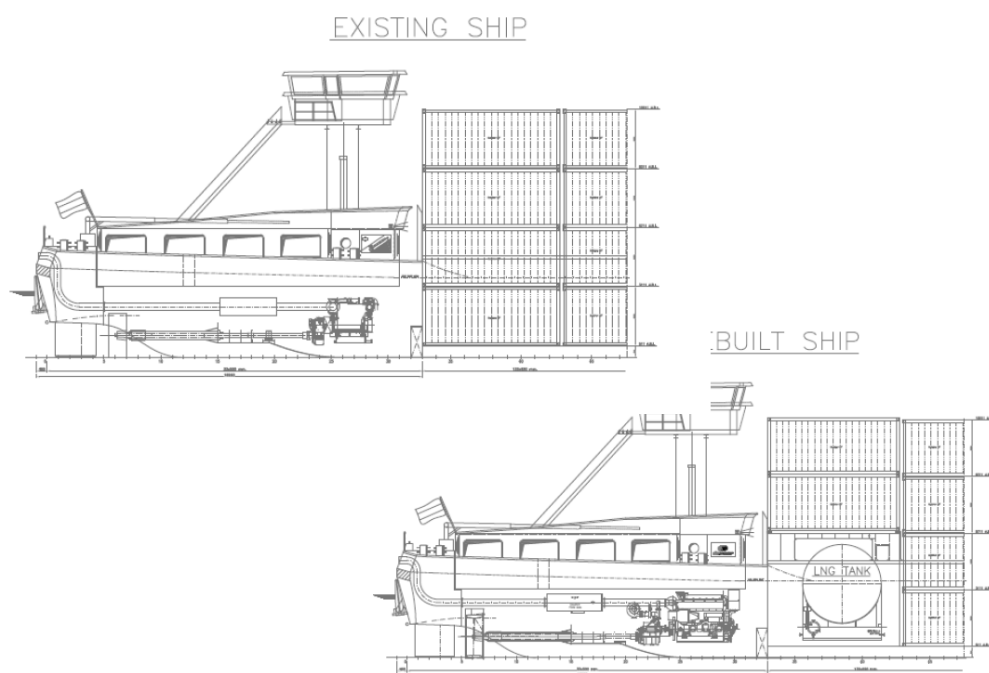
## Wärtsilä Netherlands

De motoren van Wärtsilä zijn dual fuel motoren, waarbij een kleine hoeveelheid diesel (tot max. 4%) gebruikt wordt om het aardgasmengsel in de cylinders tot ontbranding te brengen. Deze motoren kunnen als generatorset gebruikt worden, maar kunnen via een tandwielkast ook direct gekoppeld worden aan de voorstuwer.

Voor de Nederlandse bodemvisserij is eigenlijk alleen het kleinste motortype van Wärtsilä geschikt, de Wärtsilä L20DF serie. Deze serie bestaat uit drie typen, 6L20DF, 8L20DF en 9L20DF met respectievelijk 6,8 en 9 cilinders en een vermogen van 1060, 1410 en 1580 kW.

Deze motoren zijn bij uitstek geschikt voor de hoofdvoortstuwing van grotere kotters. De motoren leveren een veel constanter koppel over het gehele toereengebied en zijn daarmee geschikt om de voortstuwer via een tandwielkast direct aan te drijven.

De motoren zijn specifiek ontwikkeld voor dual fuel toepassingen en het is niet mogelijk om bestaande Wärtsilä motoren aan boord om te bouwen naar gasmotoren.



Figuur 17: Ombouw binnenvaartship MV Eiger naar LNG (credits Wärtsilä)



Een voorbeeld van een toepassing in de maritieme sector met Wärtsilä Dual Fuel motoren is de ombouw van het binnenvaartschip Eiger van de Danser Group, waarbij het schip uitgerust wordt met twee Wärtsilä 6L20DF motoren (zie ook figuur 17).

Tevens is begin 2016 een project gestart waarbij 15 nieuwbouw binnenvaarttankers door Veka in Polen gebouwd worden met elk een Wärtsilä 6L20DF Dual Fuel hoofdmotor, Masson keerkoppeling, een LNGPac™-brandstofsysteem (ontwikkeld in samenwerking met Cryonorm). Deze schepen gaan varen voor Shell Trading Rotterdam.

Deze motoren zijn qua vermogen bij uitstek geschikt voor de grotere kotters met vermogens tot 1468 kW en een lengte tot 46 meter. In Nederland zijn er naar schatting zo'n 60 grotere kotters actief. Qua ruimtebeslag aan boord vormt ook hier de opslag van LNG de grootste uitdaging voor deze schepen.





## WP4 – Systeem ontwerp voor de visserij

Het resultaat van de vorige werkpakketten levert bouwstenen voor een systeemontwerp voor nieuwe visserijvaartuigen en een eventueel verbouwingsplan voor bestaande vissersschepen. Er zijn drie representatieve vissersvaartuigen geselecteerd voor de Nederlandse kustwateren en/of de Waddenzee. Voor de geselecteerde schepen is een benchmark ontwerp gemaakt van een voortstuwingsysteem, met varianten. De informatie en knelpunten daaruit zijn gebruikt voor het formuleren van ontwerpuitgangspunten en randvoorwaarden voor verdere ontwikkeling van componenten en deelsystemen. Tevens levert dit informatie op die gebruikt kan worden bij het toespitsen van aardgasregelgeving voor vissersvaartuigen.

### 4.1 Eurokotter “Dirkje” - TH10

De kotter “Dirkje” - TH10 van Zeevisserijbedrijf P.A. Baaij en Zn. is als benchmark schip gebruikt voor de Eurokotter (zie ook figuur 18). De Eurokotter is een model kotter dat voor het eerst in de jaren 80 werd gebouwd. Ze zijn niet langer dan 23,99 meter en hebben een motorvermogen dat niet groter is dan 220 kW. Hierdoor mogen zij vis vangen binnen de 12-mijls zone van Nederland (mits onder Nederlandse vlag). De toegepaste visserijmethoden zijn voornamelijk puls op platvis en garnalen, twinrigvisserij en garnalenvisserij. De TH10 is in 1990 gebouwd, heeft een lengte van 23,97 meter en een breedte van 6,00 meter.

Vanwege de verschillende soorten visserij die aan boord van deze kotters wordt toegepast voor bijvoorbeeld de tongvangst of de vangst van garnalen en de daarbij behorende verwerkingsmethoden, is er aan boord bijna geen ruimte om andere installaties te plaatsen.

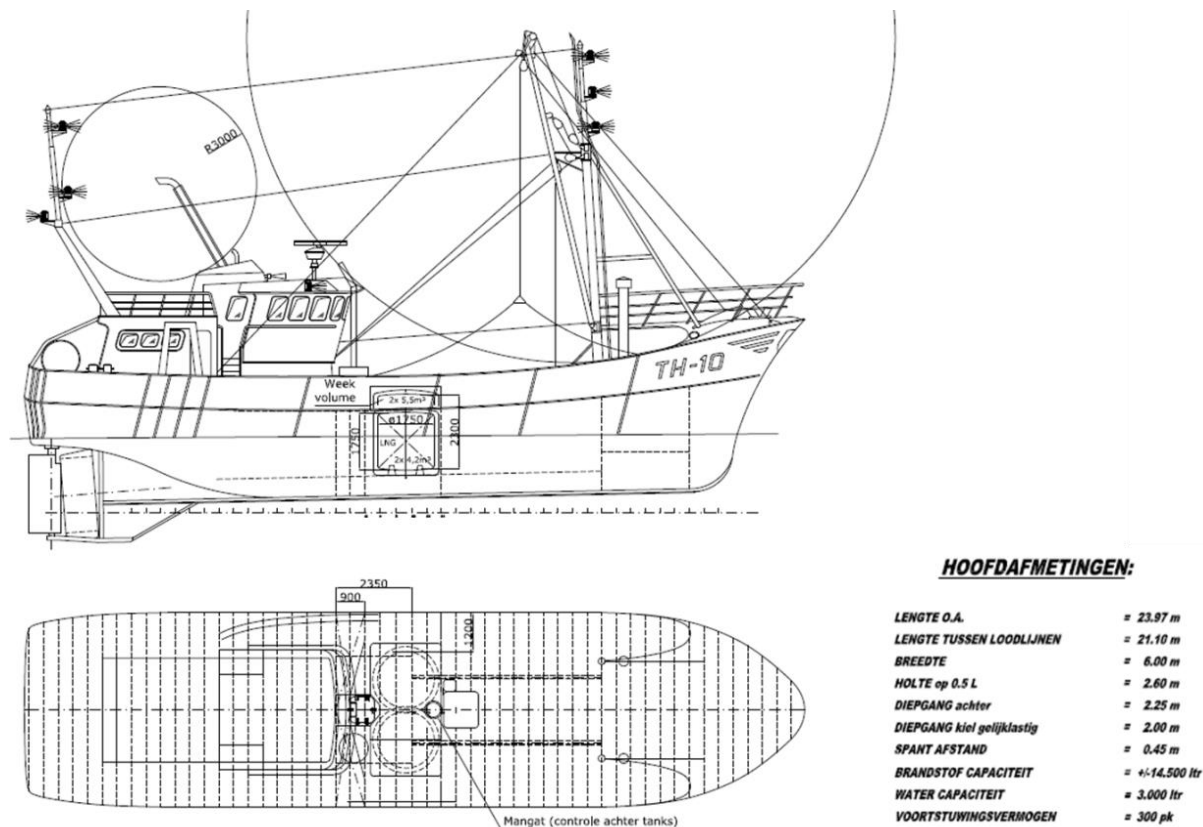
Voor de aardgasopslag in vloeibare vorm (LNG) dient volgens de huidige regelgeving ook nog een veiligheidsafstand aangehouden te worden ter grootte van scheepsbreedte B gedeeld door 5 (uitgedrukt in meters). Dat maakt het ruimtebeslag van de LNG tanks in de machinekamer zelf alleen nog maar groter. In figuur 18 wordt een impressie gegeven van het ruimtebeslag van een LNG tank installatie in de machinekamer van de TH10. Ook de dekruimte in de midscheeps van de TH10 is beperkt en vereist voor de netten en/of garnalentransport en kookinstallaties. De invloed van een 10 voets cryogene LNG container op de beschikbare dekruimte is te groot, waardoor ook een LNG installatie bovendecks niet haalbaar is op een bestaande Eurokotter. (zie ook figuur 19)

Een Eurokotter mag niet langer zijn dan 23,99 meter, waardoor het ook niet mogelijk is om het schip in het middenschip met een extra LNG tank sectie verlengen en tegelijkertijd te blijven voldoen aan de huidige regelgeving. Daarmee moet geconcludeerd worden dat voor een bestaande Eurokotter van het type TH10 de toepassing van aardgas in vloeibare vorm eigenlijk niet haalbaar is.

Tenslotte is ook nog kort gekeken om geen vloeibaar aardgas (LNG) aan boord toe te passen maar aardgas onder druk (CNG). Hoewel de CNG installatie eenvoudiger is dan een LNG installatie aan boord is het benodigde volume voor aardgas onder druk (200 bar) ruim 2,5 maal groter dan bij LNG. Geconcludeerd kan worden dat de beschikbare ruimte aan boord, zowel bovendecks als onderdecks, te



beperkt is en de toepassing van aardgas, zowel CNG als LNG, aan boord van de Eurokotter TH10 onmogelijk maakt.



Figuur 18: Algemeen plan kotter TH10 met verticale LNG tankopslag (credits Zvb P.A. Baaij - Maaskant Shipyards)



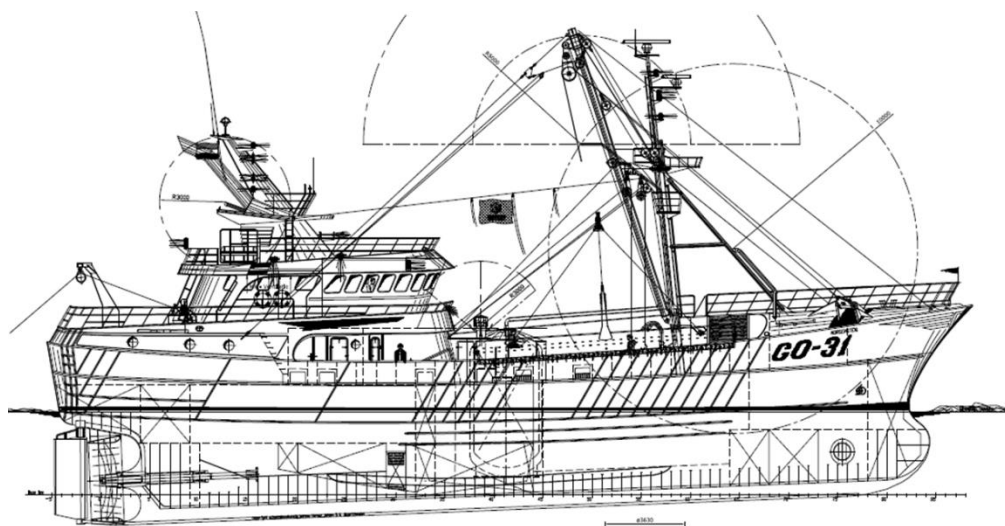
Figuur 19: Artist impression kotter TH10 met LNG tankopslag aan dek. (credits Zvb P.A. Baaij - Koers & Vaart)



## 4.2 Kotter “Morgenster” - G031

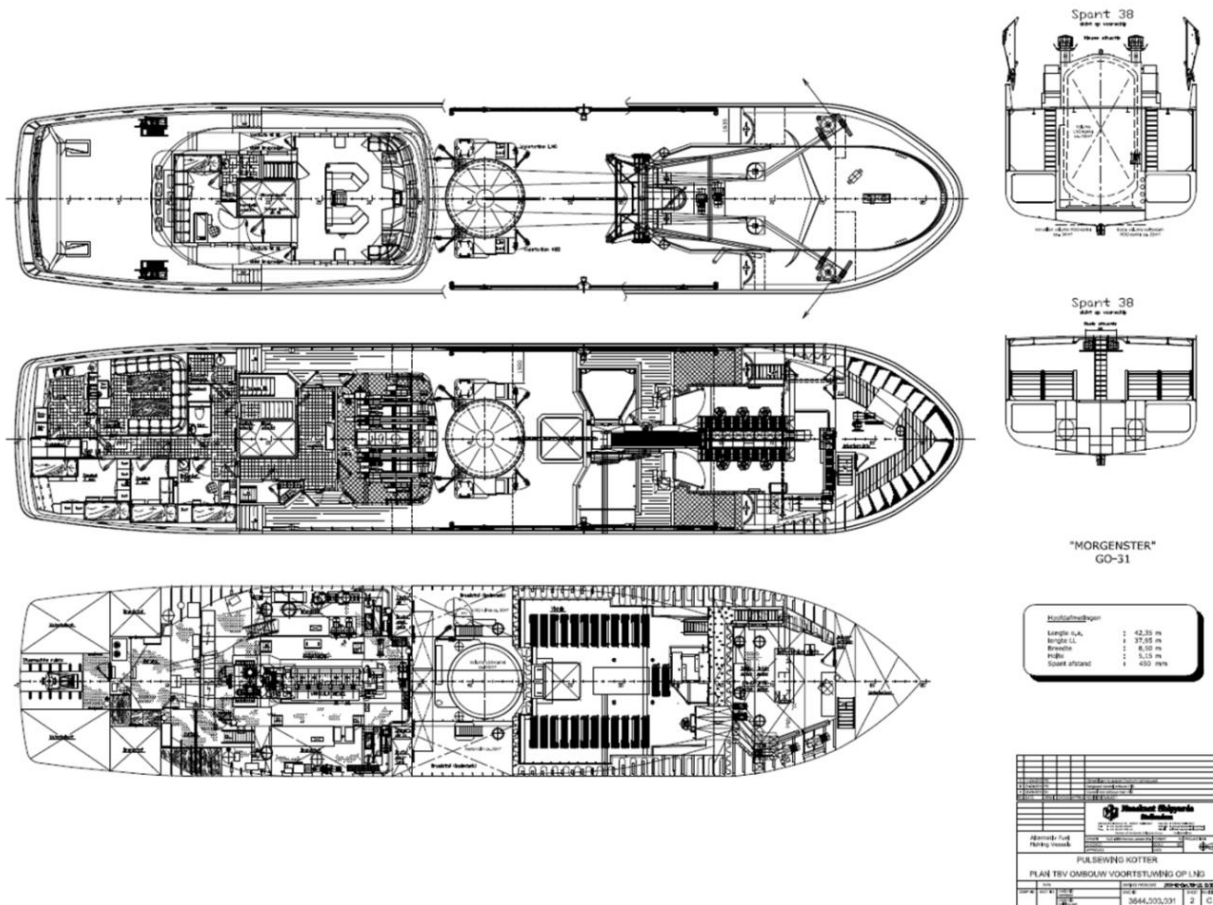
De kotter “Morgenster”- G031 van Van Dam CV is als benchmark ship gebruikt voor de grotere kotters in de Nederlandse vloot (zie ook figuur 20). Deze kotter is in 1999 gebouwd bij Scheepswerf Maaskant heeft een lengte van 42,35 meter, een breedte van 8,5 meter en een motorvermogen van 1468 kW. Het schip werd in 2009 voorzien van verzwaarde sumwings en is in 2014 ingericht voor de pulsvisserij.

Het schip is aanzienlijk langer en breder dan een Eurokotter waardoor er meer mogelijkheden ontstaan om oplossingen te creëren die vallen binnen het kader van de huidige regelgeving voor aardgas als transportbrandstof voor schepen. De toepassing van zowel verticaal als horizontaal geplaatste tanks aan boord is onderzocht, waarbij vooral de veiligheid en de eenvoud van het LNG systeem als uitgangspunten golden.



Figuur 20: Zijaanzicht kotter G031 met verticale LNG tankopslag (credits Van Dam - Maaskant Shipyards)

Voor de aardgasopslag in vloeibare vorm (LNG) is ook hier de vereiste veiligheidsafstand aangehouden ( veiligheidsafstand = scheepsbreedte B gedeeld door 5 (in meters)) die ook voor de grote gastankers geldt. Hoewel het mogelijk bleek om binnen deze regelgeving toch een oplossing te ontwikkelen is het ruimtebeslag van de LNG tank nog steeds aanzienlijk. In figuur 21 wordt een impressie gegeven van het ruimtebeslag van een LNG tank installatie in het nettenruim van de G031. Vanwege het vereiste tankvolume om een week op zee te kunnen verblijven, steekt de tank deels boven het hoofddek uit.



Figuur 21: Bovenaanzicht kotter GO31 met verticale LNG tankopslag (credits Van Dam - Maaskant Shipyards)

Een voorbeeld van een verticale LNG tank met bijbehorende Tank Connection Space (TCS), zoals die geleverd wordt door Cryonorm is weergegeven in figuur 22.



Figuur 22: Verticale LNG opslagtank en Tank Connection Space (TCS) (credits Cryonorm)



Een artist impression van de GO31 met een verticale LNG tank is tenslotte weergegeven in figuur 23.



Figuur 23: Artist impression kotter GO31 met verticale LNG tankopslag (credits Van Dam - Maaskant Shipyards)

Er kan geconcludeerd worden dat voor een bestaande grotere kotter van het type GO31 de toepassing van aardgas in vloeibare vorm (LNG) haalbaar is. Ook voor de GO 31 geldt dat het benodigde volume voor aardgas onder druk (bij 200 bar) ruim 2,5 maal groter is dan bij LNG.

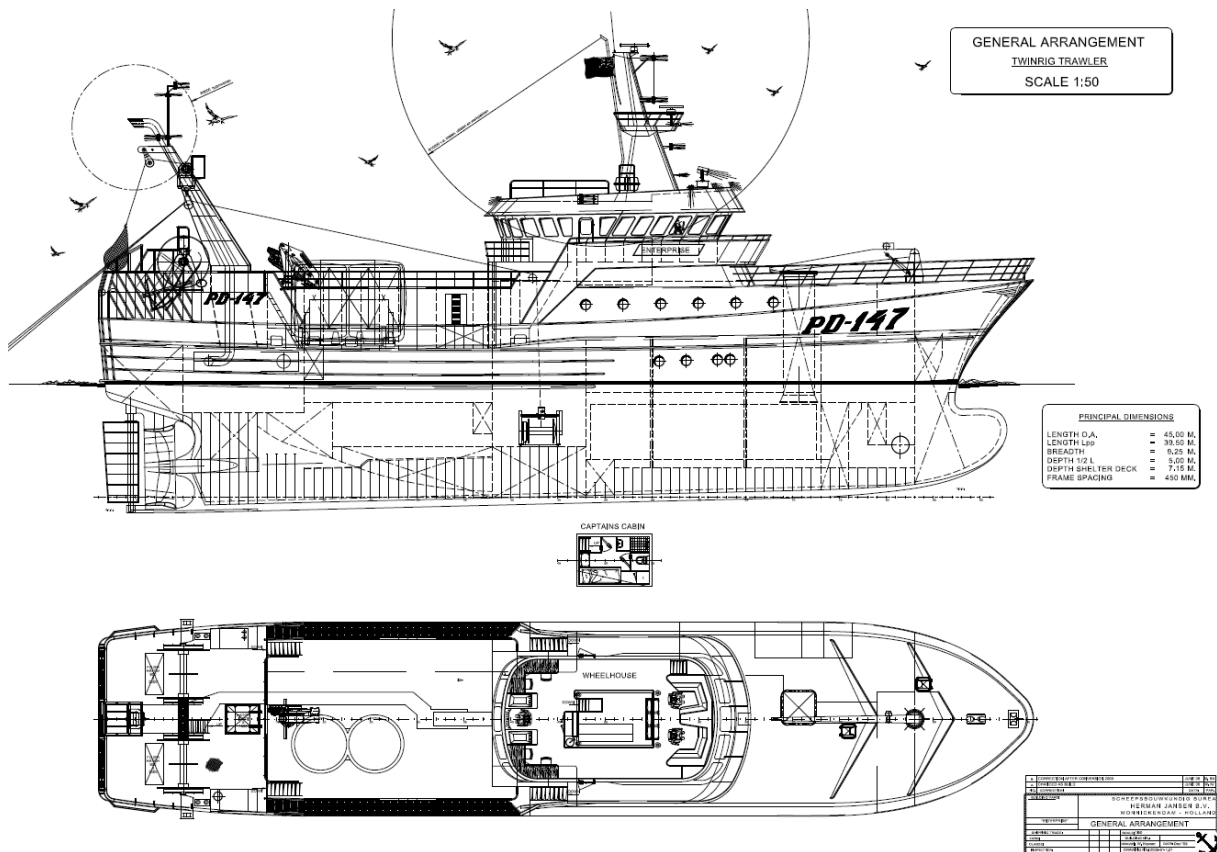
De beschikbare ruimte aan boord, zowel bovendeks als onderdeks is echter opnieuw beperkt en maakt de toepassing van aardgas onder druk (CNG) aan boord van de huidige boomkorkotter GO31 onmogelijk .



## 4.3 Hekkotter "Enterprise" - PD147

De hekkotter "Enterprise" - PD147 van de Ekofish Group is als benchmark schip gebruikt voor de grotere hekkotters in de Nederlandse vloot (zie ook figuur 24). Deze kotter is in 1995 gebouwd bij Vard Braila, heeft een lengte van 44,94 meter, een breedte van 9,25 meter en een motorvermogen van 1468 kW. Het schip werd in 2006 omgebouwd tot twinrigger/flyshooter waarbij het schip een verhoogd achterdek, een nieuw A-frame en een nieuwe hoofdmotor kreeg.

Het schip is één van de grootste kotters in de platvisvloot onder Nederlands beheer en heeft diverse mogelijkheden om oplossingen te creëren die vallen binnen het kader van de huidige regelgeving voor aardgas als transportbrandstof voor schepen. De toepassing van zowel verticaal als horizontaal geplaatste tanks aan boord is onderzocht, waarbij ook voor dit schip de veiligheid en de eenvoud van het LNG systeem als uitgangspunten centraal stonden.



Figuur 24: Algemeen plan kotter PD147 met verticale LNG tankopslag (credits Ekofish Group - Maaskant Shipyards)



Voor de aardgasopslag in vloeibare vorm (LNG) is ook hier de vereiste veiligheidsafstand aangehouden ( veiligheidsafstand = scheepsbreedte B gedeeld door 5 (in meters)) die ook voor de grote gastankers geldt. Hoewel het mogelijk bleek om binnen de bestaande regelgeving een oplossing te ontwikkelen is het ruimtebeslag van de LNG tank(s) nog steeds aanzienlijk. In figuur 24 wordt een impressie gegeven van het ruimtebeslag van een LNG tank installatie op het achterdek van de PD147. De plaatsing van de tank(s) bovendecks levert een aanzienlijke kostenbesparing op met betrekking tot onder andere ventilatie- en gasdetectie systemen in de machinekamer.

Er kan geconcludeerd worden dat voor een bestaande hekkotter van het type PD147 de toepassing van aardgas in vloeibare vorm (LNG) haalbaar is. Een artist impression van de PD147 met twee 20 voets cryogene LNG containers is weergegeven in figuur 25.

Voor wat betreft de toepassing van CNG kan ook hier geconcludeerd worden dat de beschikbare ruimte aan boord, zowel bovendecks als onderdecks, te beperkt is. De toepassing van aardgas onder druk (CNG) aan boord van de hekkotter PD147 wordt daardoor onmogelijk.



Figuur 25: Artist impression kotter PD147 met 2x20ft LNG cryocontainer (credits Ekofish Group – Koers & Vaart)



## WP5 – Bevindingen, conclusies en aanbevelingen

1. **Alternatieve brandstoffen** zoals LNG kunnen in de toekomst niet alleen bijdragen om het milieu te sparen, maar kan ook toekomstige schaarste van olie ondervangen. Technische onderzoeken moeten hiervoor kansrijke mogelijkheden blootleggen. Uiteraard zijn voor het snelle slagen het kostenaspect en terugverdiertijden van eminent belang.
2. **Proefprojecten met Liquid Natural Gas** (vloeibaar aardgas) als alternatieve brandstof voor schepen hebben inmiddels behoorlijk wat inzichten opgeleverd. Nadat jaren geleden de mogelijkheden werden onderzocht en motorleveranciers daarmee op bestaande gasolietmotoren gingen experimenteren kwamen uiteindelijk proefprojecten, zoals deze, in verschillende configuraties tot stand. Ondervindingen en daaraan gepaard gaande modificaties volgen elkaar bij innovatieve projecten snel op. Echter dieper liggende inzichten komen hierbij vervolgens maar langzaam vrij. Op zich is dit wel logisch, daar er veel data voor lange termijneffecten verzameld moet worden. Goede conclusies kunnen eigenlijk pas daarna worden getrokken. Commerciële aspecten met uitzicht op vervolprojecten zorgen er tenslotte voor, dat opgedane kennis uiteindelijk toch naar buiten komt. Een aantal proefprojecten in de binnenvaart en de zeevaart is inmiddels op de markt gekomen, of wordt binnenkort operationeel. Het valt op, dat er tot op dit moment nog niet één plan identiek aan een eerder project werd uitgevoerd. Dit betekent, dat de maakindustrie nog veel technische aspecten met de regelgevers moet stroomlijnen. Diverse reders, hun financiers, motorenfabrikanten, research afdelingen, fabrikanten van cryogene installaties, afbouwerven, maar ook distributeurs hebben hun nek reeds uit gestoken. Landelijke en Europese overheden hebben daarbij een stimulerende financiële input gegeven.
3. **Aardgas** is in milieu opzicht een schone brandstof. Voor LNG als transportbrandstof zijn er diverse complicerende neveneffecten die aangepakt en overwonnen dienen te worden. Door deze neveneffecten bij het koelen, opwarmen, de productie van cryogene installaties, transporten en dergelijke integraal mee te rekenen (ook wel “well to propellor” genoemd) wordt het beeld van LNG m.b.t. de milieubelasting iets ongunstiger. Verder kan bij onvolledige verbranding zgn. methaanslip ontstaan, wat zeer schadelijk is voor het milieu. Op zich wordt dit onderkend, maar dit is nog niet aan internationale regelgeving gebonden.
4. Bij **LNG** wordt het aardgas door koeling tot ca.  $-163^{\circ}\text{C}$  in vloeistof omgezet, daarbij worden stoffen die kunnen bevriezen, zoals water en  $\text{CO}_2$  verwijderd. Om dit vloeibare gas te behandelen en te kunnen opslaan zijn cryogene installaties nodig, die de extreme kou kunnen weerstaan. Voor de maritieme sector zijn t.o.v. de industrie en het wegtransport extra ontwikkelingen nodig, die m.b.t. de dynamische omstandigheden op zee de veiligheid verder kunnen waarborgen. Tevens moeten deze





ontwikkelingen de continuïteit t.a.v. de verdamping en toevoer naar de verbrandingsmotor ook bij zware zeegang volledig kunnen garanderen.

5. De **regelgeving** bleek bij toetsing voor de onderzochte maritieme toepassingen eigenlijk te stringent te zijn. De gestelde eisen zijn vooral een vertaling vanuit het blikveld voor bulkvervoer van LNG over zee naar toepasbare applicaties in de offshore. De Noren zijn hierin pioniers geweest, zij zochten naast betaalbare oplossingen en naar milieuvriendelijke alternatieven voor Platform Supply Schepen. In de IGS-Code is de toepassing van LNG, met de daaraan gerelateerde opslag en de installatie m.b.t. het gasproces voor zgn. Solas schepen (>500GT) verder vastgelegd. Hierbij merken we op dat de extreme veiligheidsaspecten, die in de offshore betracht worden vanwege de zeer grote risico's bij booreilanden, op een uitzonderlijk hoog niveau liggen. De ambities voor de commerciële scheepvaart en zeker ook de visserij moeten naar onze mening in balans met de daar geldende risico's worden gebracht om de introductie van deze alternatieve brandstof een kans te bieden.
6. De **Kennis** groeit snel, maar in de maritieme sector is er nog vaak onvoldoende samenhang tussen de verschillende kennisvelden te vinden. Mede daardoor is het voor geïnteresseerden moeilijk om informatie te vergaren, waarmee men ombouw -of nieuwbouwmogelijkheden kritisch kan afwegen. Bij een parallel aan dit onderzoek lopend visserijproject bij Maaskant Shipyards voor nieuwbouw werden extra kansen benut en werd interessante informatie voor een gedegen afweging uit de markt verkregen. Dat dit enige tijd in beslag heeft genomen, is op zich best verklaarbaar, aangezien door ondervinding eerst de juiste vragen moesten worden geformuleerd en daaropvolgend de verkregen informatie binnen de visserijkaders nog op waarde moest worden geschat.
7. **Compressed Natural Gas (CNG)** als alternatief voor het LNG is m.b.t. de benodigde opslagruimte voor de visserij niet direct aan de orde. CNG wordt gecomprimeerd in flessen opgeslagen. Het volume in 200 bar flessen (EU max.) verhoudt zich t.o.v. LNG tot een volume van 3 : 1. Bij 350 bar flessen (US max.) zakt dit naar een toepasbaar volume van 1,7 : 1. Verder speelt het gewicht bij deze applicatie ons enorme parten. Overigens bij CNG toepassing zijn geen cryogene installaties nodig: het gas kan via een compressor-station bij wijze van spreken zo uit het bestaande gasnet gehaald worden.
8. Om **LNG eigenschappen** bij gas & vloeistof stadia te kunnen begrijpen moeten “de niet kenners”, eerst enige natuurkundige inzichten ontwikkelen. Het eigen maken van begrippen als: samenstellingen, verbrandingswaarden, dichtheden, kookpunten, drukken, cryogene opslagtanks, cryogene installaties, is bij deze materie een absolute must. Zo wordt het gas bij een temperatuur van ca. -161,5°C vloeibaar. Dit is het kookpunt, wat verhoogt kan worden door de druk boven de vloeistof op te voeren, daardoor verandert de dichtheid, dit heeft tot gevolg, dat deze expandeert.



Na de expansie neemt het gas een nieuw of ander volume in. Het is dus zaak om het LNG-opslagvat hierop te ontwerpen.

9. **LNG-verbrandingsmotoren** zijn, in het hedendaagse stadium van ontwikkeling, min of meer aangepaste dieselmotoren en zijn daarmee nog suboptimaal. Vooral in deellast komt dit nog duidelijk naar voren. Fabrikanten ontwikkelen vooral motoren, die geschikt zijn voor het grotere marktsegment. Daarmee vallen sectoren als de (bodem)visserij met continue grote piekbelastingen, min of meer buiten de boot. Dit laatste dient ook bij het maken van nieuwe normen en regelgeving in acht genomen te worden, omdat de visserij anders buiten de boot dreigt te geraken.
10. **Wärtsilä** heeft bij de ontwikkeling van hun medium speed gasverbrandingsmotor gekozen voor een principe, welke slechts 1% MDO gebruikt. Met dit beetje MDO start men de dieselmotor, en kan deze bij gasuitval nog steeds op MDO varen. Zo is de redundantie gewaarborgd. M.b.t. de veiligheid wordt o.a. de gastoevoer dubbelwandig uitgevoerd. Via een Gas Valve Unit, welke tussen de motor en de cryogene verdampingseenheid bij de LNG-tank wordt gebouwd, wordt een deel van de gascontrole ingeregeld. Een ander deel komt via een torsiemeter tussen de motor en de reductiekast voor de schroefaslijn tot stand. Al naar gelang er meer gastoevoer wordt geregeld, loopt de torsie op. Zo wordt de gastoevoer en het daarop variërende koppel een samenspel, waarbij de intelligentie voorkomt, dat er te veel gas onverbrand als zeer milieubelastend methaanslip in de atmosfeer stroomt. In de door Wärtsilä toegestuurde “Motor Guide” worden specifieke processen nader uitgelegd, zoals het uitspoelen van gas in de uitlaatleiding t.b.v. het draaien op MDO. Verder wordt aangegeven, dat met een voordruk van 6,5bar wordt gewerkt. Dit impliceert, dat de druk in het opslagvat  $\pm 7$ bar moet zijn.
11. Andere **Motorenfabrikanten** ontwikkelen DF-types, die op 30% MDO & 70% gas lopen. Weer andere fabrikanten ontwikkelen motorprincipes, die alleen op gas draaien.
12. **Sandfirden** levert generatorsets, die direct op het LNG of CNG gas draaien. Bij deze 100% gasmotoren worden zgn. bougies t.b.v. de ontsteking ingebouwd. Ook andere fabrikanten begeven zich op het gebied van directe gasverbrandingsmotoren. Dit type wordt meestal voor generator aandrijvingen ingezet, waarmee de sets geschikt zijn om in combinatie met een elektromotor voor de voortstuwing te zorgen.
13. Bij **elektrische voortstuwing** kan de boordnetverzorging met gasmotoren uiteraard in een intelligent samenspel middels een zgn. powermanagement worden meegenomen. Voor de bodemvisserij dient steeds voldoende energie voor het doorhalen van het lierbedrijf tijdens plots optredende voortstuwingspieken beschikbaar te zijn. De gasmotoren moeten bij de pieken ook direct de



voortstuwing kunnen bijregelen en mogen geen moment daarin te kortschieten, daar anders de vissnelheid wegvalt en de efficiency van het vissen drastisch terugloopt.

14. De **distributie van het LNG** kan door een netwerkbeheer-maatschappij (bijv. PitPoint) middels nog te bouwen tankstations worden opgezet. Het wordt een openbaar netwerk, zodat de klanten vrij zijn om ook elders te tanken. Hiermee wil Pitpoint bijdragen aan een transparante en competitieve brandstofmarkt. Dat is gunstig voor de prijs van LNG en ook de beste garantie voor een succesvolle LNG markt op de lange termijn.
15. **Cryonorm** heeft ons voldoende input gegeven om met realistische tankvormen aan het werk te gaan. Zij gaven ons naast de prijsstelling ook inzichten in de technieken, zoals de isolatiedikte om het opslagvat, de maatvoering van de buitenschil t.o.v. de pijpenansluitingen, de manier van ophanging van het opslagvat (de extreme koude van de vloeistof mag niet via het opslagvat naar buiten komen), de plaats van de verdamper onder de tank en een tweede verdamper om boven de vloeistof druk te genereren, waardoor deze vanuit de tank via de verdamper in een geregelde flow richting de motoren wordt gestuurd. De druk in het vat mag tot max. 10 bar oplopen. Een tank-ontlastklep moet van een vereiste afvoerleiding worden voorzien, die tot op een afstand van 10m vanaf een aansteekbron wordt aangebracht. In de verdamper onder en naast de tank wordt via een hoofdmotorkoelwaterwarmtewisselaar in de machinekamer een warme glycolvloeistof voor het verdampingsproces rondgepompt.
16. Het eerste **rekenmodel** op gassen als alternatieve brandstof is ontwikkeld door Pitpoint. Maaskant Shipyards heeft dit model sterk in relatie tot de inbouw op de visserij schepen weten te verbreden, waarmee de inbouwkosten samen met de financiële expertise van Zeevisserijbedrijf Baaij en de technische leesbaarheid binnen een transparanter kader werden gebracht. De research afdeling van de Damen Groep is van mening dat er in het model meer scheepsrestwaarde kan worden ingeschaald. Door gesprekken met Wärsilä en Cryonorm en de research afdeling van Damen is veel informatie verschaft om dit rekenmodel met de juiste data te vullen en daarmee meer realistische weergaven te ontwikkelen.
17. **ILenT** is verantwoordelijk voor de regelgeving in de visserij. Ook de inspecties van geleverde en geplaatste apparatuur en installaties vallen onder de supervisie van ILenT. Echter v.w.b. de certificeringen van producties, gebruikte appendages, toegepaste apparatuur etc. verwijst ILenT naar de approvals van de internationale classificatiebureaus. Deze insteek m.n. voor de oude(re) vloot zorgt voor een moeizame coördinatie. De klassebureaus zijn namelijk niet geïnteresseerd in oude(re) vissersschepen.



18. Technisch gezien kunnen **Gaspompen** bij plaatsing in de LNG-tank de voordruk boven de vloeistof tot 2 tot 3 bar terugbrengen. Deze pompen zijn echter zeer duur en bij uitval onbereikbaar. Vanwege redundantie is daarom een tweede pomp vereist. De tank kan bij een pomptoepassing wat kleiner worden uitgevoerd (3-5%).

19. **Overige technische bevindingen:**

Na belading van de tank gaat de vloeistof heel langzaam in temperatuur oplopen en begint te verdampen. In een verticale tank is minder last van ingesloten dampbellen (vapor collapse) door zeegang te verwachten. Door te snelle opwarming van de vloeistof kunnen ook dampbellen in de verdamper ontstaan, hierdoor kan de gas-toestroom naar de verbrandingsmotor wegvallen. Daarna is het lastig om de boel weer aan de praat te krijgen.

20. **Financiële bevindingen:**

Wat betreft haalbaarheid financiering bij bankiers: Feit is dat in de visserij veel problemen worden ondervonden - naast de exploitatie - in de zekerheden welke een bank kan verkrijgen.

In tegenstelling tot ondernemers in MKB en de agrarische sector is er voor de visserij geen mogelijkheid om beroep te kunnen doen op een borgstellingskrediet. Indien de bankier geloof hecht aan de prognose qua haalbaarheid kan het ontbreken van zekerheden een belemmering vormen.

Borgstellingskredieten (door Staat gedekt) kunnen voorzien in dit tekort en gaan tot maximaal 100% dekking van het ingepaste deel onder borgstelling van de financiering. Veelal zal dit 80-90% bedragen, dus een aanmerkelijke verbetering.



## WP5.1 – Conclusies en aanbevelingen

### *Conclusies*

Op dit moment zijn de fossiele brandstoffen relatief goedkoop. De ontwikkelingen van oplossingen voor het gebruik van alternatieve brandstoffen in de visserijsector komen hierdoor langzaam maar zeker in een lagere versnelling terecht.

Dit wordt mede veroorzaakt door de overheid, die ondanks ambitieuze ideeën, stimuleringsprojecten en nieuw ontwikkeld beleid, vaak verzuimt om als launching customer op te treden en/of het voortouw te nemen in de ontwikkeling van belangrijke portefeuilles inzake de regelgeving en de praktische uitvoering (keuringen) daarvan.

Momenteel is de terugverdientijd van LNG als alternatief voor MDO niet reëel. Met de thans geldende brandsoftarieven en de huidige kosten voor de aanschaf van een te complexe en te dure LNG installatie aan boord variëren de terugverdientijden tussen de ruim 20 en 40 jaar.

Veelal moet een visserijonderneming voldoen aan de solvabiliteitseisen van de banken. Fiscaal gesproken, zijn de zichtbare vermogens in balansen vaak aan de lage kant. Er is meestal wel een aanzienlijke stille reserve aanwezig in zowel het schip als de quota (waarvan de prijs overigens wel volatiel kan zijn) Rekening houdend met een reële waardering van het bedrijf inclusief deze stille reserves geeft die meestal wel een voldoende solvabiliteit weer. Een borgstellingsregeling of een andere staatgegarandeerde faciliteit is tot op heden voor de visserij niet voorhanden, maar essentieel om de visserijsector te ondersteunen in het proces van verduurzaming.

### *Aanbevelingen*

Met het oog op de hoge investeringskosten en lange terugverdientijden zal er in de maakindustrie nog een forse slag m.b.t. de cryogene technieken gemaakt moet worden. Ook bij de motorfabrikanten zijn nog prijs reducerende ontwikkelingen noodzakelijk om de toepassing van LNG in de visserijbranche mogelijk te maken.

In overleg met banken, overheid en de visserijsector dient gezocht te worden naar mogelijkheden om de financierbaarheid van visserijschepen beter te ondersteunen. Naast de genoemde solvabiliteit speelt uiteraard de cash-flow en rentabiliteit een rol, maar de looptijd van een financiering is daarbij van belang.



Bij korte looptijden van 5 of 6 jaar geeft dit veelal een te hoge druk op de cash-flow en loopt de afschrijving niet parallel met de aflossingen.

Tenslotte dient de (maritieme regelgeving) voor LNG als transportbrandstof voor maritieme toepassingen in het algemeen en vissersvaartuigen in het bijzonder veel meer toegespitst moeten worden op de specifieke functies, taken en omvang van de schepen.

BESTAND	START	INVOEGEN	PAGINA-INDELING	FORMULES	GEGEVENS	CONTROLLEREN	BEELD	Foxit PDF				
A	B	C	D	E	F	G	H					
1	<b>Project: AFFV   REKENMODEL</b>		invul velden									
2	<b>Investering LNG schip</b>		Opmerkingen	HM+HuMo (MDO)	DF (dual fuel) (LNG + MDO)	HuMo's (MDO)	LNG met e-voorstuwer, nwe e-instal. + aggr. sets					
3	investering voortstuwingmotor (HM), evt. EM, zie investering e-instal.											
4	investering aggregaatmotoren (x-HuMo's)											
5	investering keer-of reductiekoppeling (KK/RK), flexibele koppeling											
6	investering schroef en koppelflens KK/RK											
7	investering e-installatie met e-voorstuwer EM											
8	ombouwkosten fundatie HM/EM+KK/RK											
9	ombouwkosten e-instal., uitlaatsyst., koeling, pompen, etc.											
10	verplaatskosten werktuigen tbv gasinstallatie (loslieren, laskar, etc.)											
11	inruil opbrengst (HM/KK/schroef: van 2.000pk versie)		afh. bedr.uren, etc.									
12	investering gastanks, incl. installatie		ca. 10.000x ontw.vol.									
13	investering torqueflens voor bepalen gasdruk in systeem											
14	ombouwkosten locatie gasinstallatie incl. oplossing ventilatie											
15	<b>Totale (meer) investering t.o.v. dieselvoorstuwing</b>											
16	<b>Brandstofkosten Voortstuwingmotor (HM) en/of evt. Generatorsets (HuMo's)</b>		Eenheid									
17	dichtheid		kg/m3									
18	prijs brandstof		per ton									
19	prijs brandstof		per m3									
20	brandstofverbruik MDO HM+HuMo's (samen), in relatie tot LNG of CNG		liter/week									
21	brandstofverbruik MDO HuMo's, incl. havenset, zie opmerkingen		liter/week									
22	brandstofverbruik MDO HM in relatie tot LNG of CNG		liter/week									
23	brandstofverbruik LNG (flipperen tot DF = 1%), zie opmerkingen		liter/week									
24	brandstofverbruik MDO HM in DF mode		liter/week									
25	brandstofverbruik DF (dual fuel)		%									
26	brandstofverbruik HM en/of HuMo's		ton/week									
27	inzet vrtg per jaar		aantal weken									
28	brandstofverbruik MDO HM+HuMo's		m3/jaar									
29	brandstofverbruik LNG		m3/jaar									
30	brandstofverbruik MDO		ton/jaar									
31	brandstofverbruik LNG of CNG		ton/jaar									
32	brandstofverbruik MDO HM+HuMo's		€/jaar									
33	brandstofverbruik LNG of CNG (HM of HuMo's)		€/jaar									
34	<b>Inzet</b>											
35	vermogen HM/EM/HuMo's		pk									
36	vermogen HM/EM/HuMo's		kW									
37	<b>Benodigd volume brandstoftanks</b>											
38	aantal vistrrips		p/jaar									
39	benodigd volume in m3		m3/week									
40	benodigd volume in ton		ton/week									
41	minimaal ontwerp volume LNG tank		m3									
42	<b>Operationele kosten</b>											
43	onderhoud (LNG motor = -20%)		€/kW									
44	onderhoudskosten		€/jaar									
45	<b>Financieringskosten</b>											
46	rente		%									
47	meerkosten		€/jaar									
48	<b>Terug verdienen tijd</b>											
49	totale operationele kosten per jaar		€/jaar									
50	verschil per jaar											
51	<b>Terugverdientijd</b>		jaar						4,0		6,9	
52	Opmerkingen:											
53	Grotere gastank geeft meer rendement. >Hou min. 1% voor Dual fuel aan<											
54	Overwegen om aggregaatsset VS ook op LNG te zetten, dan kan dit set zeer functioneel op de doorlopende LNG verdamping draaien.											
55	Set op voorschip kan naast het weekend-bedrijf evt. ook bijstaan tijdens het stomen, hiermee kan het verbruik MDO met ca. 500ltr afnemen. Toename LNG ca. 800ltr											
56												
57												
58												
59												

Figuur 26: Voorbeeld rekenmodel voor specifieke kottertypen op LNG (credits Pitpoint)



## Bijlage 1 Overzicht van openbare publicaties

### Openbaar Eindrapport: Alternative Fuels for Fishing Vessels (AFFV)

Het openbaar eindrapport: Alternative Fuels for Fishing Vessels (AFFV) wordt kosteloos te beschikking gesteld via <http://www.koersenvaart.nl/maritieme-publicaties.html>.

*Hoewel de informatie gepubliceerd in dit eindrapport zorgvuldig is samengesteld, sluiten de deelnemende bedrijven, redactie en auteurs uitdrukkelijk iedere aansprakelijkheid uit voor eventuele onjuistheid en/of onvolledigheid van de verstrekte gegevens. Overname van teksten en afbeeldingen is alleen toegestaan na uitdrukkelijke toestemming van de projectleider.*

### Statutaire normenkader voor Nederlandse vissersvaartuigen

Het statutaire normenkader voor Nederlandse vissersvaartuigen is met name vastgelegd in het Vissersvaartuigenbesluit 2002 met relevante Bekendmakingen a/d Zeevisvaart en het Schepenbesluit 2014. <https://www.ilent.nl/onderwerpen/transport/visserij/>

### Quantitative Risk Analyses (QRA)

Voor iedere locatie moet een externe veiligheidsanalyse gemaakt worden (Quantitative Risk Analyses (QRA)). Deze is vastgelegd in een rekenmethodiek voor LNG tankstations opgesteld door het RIVM. [http://www.rivm.nl/Documenten\\_en\\_publicaties/Professioneel\\_Praktisch/Protocollen/Milieu\\_Leefomgeving/Externe\\_Veiligheid/Rekenmethodiek\\_LNG\\_tankstations](http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Professioneel_Praktisch/Protocollen/Milieu_Leefomgeving/Externe_Veiligheid/Rekenmethodiek_LNG_tankstations).

### Circulaire externe veiligheid LNG tankstations

De circulaire externe veiligheid LNG tankstations is opgesteld door het Ministerie van I&M. Naast de berekende QRA afstanden worden hier ook de effectafstanden in beschouwing genomen. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0036225/2015-02-04>

### PGS 33-2 Aardgas: afleverinstallaties van LNG voor vaartuigen

PGS 33-2 beschrijft het ontwerpen, realiseren en beheren van LNG-bunkerinstallaties op het land en op een drijvende inrichting. Hieronder vallen o.a. de ontwerpeisen voor de installatie, de toegepaste componenten en de gebruiksomstandigheden. Daarnaast geeft PGS 33-2 informatie over interne en externe veiligheidsafstanden. <http://www.publicatiereeksgevaarlijkstoffennieuws/nieuwe-pgs-332-aiaardgas-afleverinstallaties-lng-voor-vaartuigena-gepubliceerd.html>

