

# Sjöfartslinjen

Diploma Programme of Commercial Management and Organisation in Nautical Science



## Bunkeroptimering - Mer än bara ett lågt bunkerpris?

Bunkers Optimising –  
More than just a Low Bunker Price?

Examensrapport sammanställd av  
Bjarne Brattlund  
Klas Ekström  
Åsa Tivelius

Handledare: Per A. Sjöberger

Sjöbefälsskolan vid Chalmers Tekniska Högskola  
Göteborg

11 juni 1999

# Innehållsförteckning

Innehållsförteckning.....	i
Förord .....	iii
Sammanfattning.....	iv
English summary .....	v
Ordlista och förkortningar.....	vi
1 Inledning .....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte .....	1
1.3 Problem.....	1
1.4 Metod.....	1
1.5 Avgränsningar.....	2
2 Introduktion till ämnet .....	3
2.1 Vad är Bunkers och Bunkring? .....	3
2.2 ISO 8217.....	3
2.3 Olika användningsområden.....	4
2.4 Marknaden .....	5
2.5 Standardupphandlingsprocedur.....	6
2.6 Bunkerbehandling ombord .....	7
2.7 Fartygsmaskinerier.....	8
2.7.1 Typer .....	8
2.7.2 Installationer/arrangemang .....	11
2.7.3 Bunkerförbrukning.....	12
2.8 Fartygs framdrivning .....	12
2.8.1 Allmänt.....	12
2.8.2 Driveffekt.....	13
2.8.3 Bunkerförbrukning vid varierande fart.....	14
2.8.4 Bunkerförbrukning vid varierande displacement.....	15
2.9 Miljö .....	15
2.9.1 Energiutnyttjande.....	15
2.9.2 Avgaser.....	16
3 Upphandlingsaspekter.....	18
3.1 Stora volymer.....	18
3.2 Terminssäkring/hedging.....	18
3.3 Specifikationer.....	19
3.4 Kvalitets- och kvantitetssäkring .....	19
3.5 Räntekostnad .....	21
3.6 Särkostnader för bunkring .....	21
3.7 Spillrisk.....	22
4 Driftsaspekter.....	24
4.1 Ruttplanering .....	24
4.1.1 Fartanpassning.....	24
4.1.2 Seapacer och ETAPILOT .....	26
4.2 Trimoptimering .....	28
4.3 Last eller bunkerolja? .....	28
4.4 Ytråhet på skrov och propeller.....	29
4.5 Sludge .....	30
4.6 Axelgenerator .....	31
4.7 Underhållskostnader som funktion av bunker kvalitet .....	32
4.7.1 Allmänt.....	32
4.7.2 Cylinderstorlek.....	32
4.7.3 En fallstudie .....	33
4.8 Kostnadsjämförelse mellan olika bränslen, en fallstudie .....	35
5 Några alternativa bränslen .....	36
5.1 Volatile Organic Compounds .....	36
5.1.1 Ekonomiska effekter .....	37
5.1.2 Miljöeffekter.....	37

5.2	Orimulsion .....	38
6	Miljöaspekter.....	39
6.1	Allmänt .....	39
6.1.1	Olika åtgärder.....	39
6.1.2	Katalysator .....	40
6.2	Wallenius.....	42
6.3	Farledsrabatter.....	43
6.3.1	Den nya farledsavgiften.....	43
6.3.2	Villkor för kvävereduktionsrabatt.....	44
6.3.3	Villkor för svavelreduktionsrabatt .....	44
7	Diskussion .....	45
7.1	Inköpsstrategi.....	45
7.2	Driftstrategi.....	46
7.3	Nya frågor.....	49
	Referensförteckning.....	50

#### Bilagor

- Bilaga 1: Exempel på kvalitetsnorm för bunkeroljor, ISO 8217
- Bilaga 2: Exempel på bunkerkvitto
- Bilaga 3: Exempel på bunkeranalysvar
- Bilaga 4: Bunkerköpeavtal

# Förord

Denna uppsats utgör avslutningen på kursen *Diploma of Commercial Management and Organisation in Nautical Science*. Kursen, som hålls vid Sjöbefälsskolan vid Chalmers Lindholmen, är en påbyggnad på Sjökapten- och Sjöingenjörsutbildningen och omfattar 40 poäng.

Författare till uppsatsen är:

- Bjarne Brattlund, Sjöingenjör och maskinchef i M/T Petrotrym på 81.000 DWT, tillhörig det norska rederiet Golar-Nor Offshore A/S,
- Klas Ekström, Sjökapten och handläggare vid Förvarshögkvarteret,
- Åsa Tivelius, Sjöingenjör och 1:e maskinist i M/T Petrotrym.

Vi vill tacka alla som ställt upp för oss med tid, kunskap och material.

Bland dessa vill vi nämna Klas Aspendahl vid Gorthon Lines samt Björn Karlsson vid Wallenius Line. Barbro Tryberg har bistått med sakkunnig korrekturläsning.

Vi vill rikta ett särskilt tack till vår handledare Per A. Sjöberger som genom sitt engagemang uppmuntrat oss i vårt arbete.

Göteborg 11 juni 1999

Bjarne Brattlund

Klas Ekström

Åsa Tivelius

# Sammanfattning

Bunkerkostnaden är en avsevärd del av resekostnaden för fartyg och således en stor kostnad för många rederier. Vi har identifierat ett antal områden inom vilka det är möjligt att göra besparingar, och försökt visa vilka åtgärder som ger störst effekt. Bunkeroljor har de senaste trettio åren genomgått stora förändringar avseende både pris och kvalitet. Priset har mångfaldigats och oljor med sämre kvalitet har blivit vanligare. Detta medför att det är av stor vikt att noga specificera önskad produkt vid beställning av bunkerolja samt följa upp levererad kvantitet och genom prover försäkra sig om att rätt kvalitet levererats. Andra faktorer som påverkar bunkerkostnaden är utformning av maskineri, anpassning av fart med avseende på vattendjup och förväntat väder, anpassning av trim och djupgående samt ytråhet och bevaxning på skrov och propeller. Indirekta kostnader kan uppstå till följd av bunker kvalitetsval; kringutrustning och ökat underhåll av maskineriet kan krävas vid val av en billigare bunker kvalitet. För vissa trader och fartyg kan det finnas alternativa bränslen som kan vara attraktiva ur kostnadssynpunkt. Ett sådant är de organiska kolväten som förgasas vid lastning av råolja i tankfartyg. I en del länder förekommer rabatter på farledsavgifter vid installation av katalysator och andra åtgärder för att rena avgaserna, vilket också bör räknas in i kalkylen vid val av bunker kvalitet.

## English summary

The cost of bunker oil is a considerable part of a ship's running costs and consequently a major expense for most shipping companies. In identifying areas where savings are possible, we have tried to show which measures are having greater effect. Bunker oils have changed in many respects during the last thirty years. The price has risen many times over and low-quality oil has become more frequent on the market. The consequence of this is a strong need to specify strictly oil quality when ordering and to have the delivery surveyed regarding both quantity and quality. Other factors affecting the cost of bunker oil in a wider sense are the design of the machinery, the adjustment of speed with reference to water depth and anticipated weather and surface roughness and fouling on hull and propeller. Indirect costs can arise from choice of a cheaper oil quality, for example the installation of ancillary equipment and increased maintenance costs. On certain trades cheaper alternative fuels may be available such as Volatile Organic Compounds released during loading crude oil on a tanker. Some countries offer discounts on fairway fees when installing a catalytic converter or taking other measures to reduce toxic emissions from the exhaust gases. This should be taken into account when deciding on bunker oil quality.

# Ordlista och förkortningar

BRT	Bruttoregister-ton, ett dimensionslöst rymdmått för fartyg
Bunkers, bunkerolja	Generell benämning på drivmedel för fartygsmaskiner
Centistoke, cSt	SI-enhet för viskositet, se även Redwood
Dagskostnader	Kostnadsslag för fartygsdrift, avser halvfasta kostnader såsom besättning, försäkring och teknisk drift exklusive bunker
DMB	ISO 8217-klassning för Marine Diesel Oil
DNV	Det Norske Veritas, ett klassningssällskap
DWCC	Deadweight Cargo Capacity, den lastvikt ett fartyg kan lasta
DWT	Dödsviktstonnage, den vikt ett fartyg kan lasta inklusive bunker m.m.
ETA	Estimated Time of Arrival, beräknad ankomsttid
FOBAS	Fuel Oil Bunkers Analysis and Advisory Service
HFO	Heavy Fuel Oil
hk	Hästkraft, enhet för effekt
IFO	Intermediate Fuel Oil
Inertgas	En icke-brännbar skyddsgas med vilken lasttankarna i ett tankfartyg är fyllda för att förhindra explosion.
ISO	International Standardisation Organization
Knop	Fart
kW	Kilowatt, SI-enhet för effekt
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
MDO	Marine Diesel Oil, en lättare bunkerolja
MGO	Marine Gas Oil, en lättare bunkerolja
nm	Nautisk mil, längdmått till sjöss, 1.852 meter
OPA 90	Oil Pollution Act of 1990, en amerikansk federal oljeföreningsslag
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
Orimulsion	Handelsnamn för en emulsion av bitumen och vatten
Redwood seconds	Äldre enhet för viskositet, se även Centistoke
Resekalkyl	Intäkts- och kostnadskalkyl för ett fartyg och en viss resa
Restitution	Återbetalning
SFOC	Specific Fuel Oil Consumption. En maskins bränslekonsumtion per producerad energi. Uttrycks normalt i g/kWh eller g/BHP.h
Shuttletanker	Tankfartyg som går korta resor mellan oljefält i Nordsjön och lokala raffinaderier eller terminaler
Sludge	Oljeslam, bestående av vatten och bortseparerade restprodukter från bunkerolja och smörjolja
SMHI	Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
Squatt	En sug-effekt som uppstår när ett fartyg passerar ett grunt område
Surveyor	Oberoende inspektör
Trim	Skilnad i djupgående för och akter för ett fartyg
ULCC	Ultra Large Crude Carrier, tankfartyg större än 300.000 DWT
Verkningsgrad	Avgiven effekt i förhållande till tillförd
VLCC	Very Large Crude Carrier, tankfartyg större än 200.000 DWT

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Bunkerkostnaden är för många redare en stor del av kostnaderna för fartygsdriften. Trots att det finns ett antal områden där det går att göra besparingar är det svårt att få en uppfattning om olika åtgärders effekter. Vilken potential finns i olika åtgärder? Vilka åtgärder kan inte kombineras?

## 1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att beskriva ett antal områden inom vilka det är möjligt att göra optimeringar avseende bunkerinköp och bunkerförbrukning. Vi vill också beskriva eventuell interaktion mellan dessa och visa ett antal möjligheter att minska bunkerkostnaderna och/eller miljöbelastningen vid fartygsdrift.

## 1.3 Problem

Bunkerinköp och -kostnader förknippade med förbrukning av bunker är centrala komponenter i fartygsdrift. En lång rad faktorer påverkar och påverkas av de åtgärder man vidtar eller inte vidtar, i samband med detta. Trots att det ekonomiska utfallet kan påverkas avsevärt saknas det en sammanställning av de olika åtgärderna och effekterna. I denna rapport görs en ansats till att utreda dessa åtgärder och de effekter de kan leda till.

## 1.4 Metod

Rapporten är skriven med en explorativ ansats. Vi har gjort intervjuer med bl.a. bunkerinköpare vid några svenska rederier samt ett stort antal litteratursökningar, främst vid biblioteket på Chalmers Lindholmen, men även via Internet.

Materialet har sedan bearbetats och sammanställts, dels i en introduktion till ämnet *Bunkers och bunkring*, dels i avsnitt om ett antal områden eller aspekter inom ämnet som vi uppfattat har någon optimeringspotential. I den avslutande diskussionsdelen har vi värderat och vägt samman de olika delarna.



## 1.5 Avgränsningar

Då bunkring är ett komplext ämne med ett mycket stort antal påverkansfaktorer har vi tvingats begränsa oss i flera avseenden.

Problematiken kring provtagningsmetoder vid bunkring och claims för att felaktig kvalitet eller kvantitet levererats ingår ej. Vi berör endast ytligt de finansiella instrument som kan utnyttjas för att minska riskexponeringen på bunkermarknaden. En annan avgränsning är att vi inriktat oss på inköps- och driftfaktorer, medan faktorer som är påverkbara främst vid nybyggnad av fartyg, såsom val av maskin eller utformning av skrovet, berörts mer kortfattat eller inte alls.

## 2 Introduktion till ämnet

### 2.1 Vad är Bunkers och Bunkring?

Bunkers är en engelsk benämning på den olja som används som bränsle eller drivmedel för fartyg. Ursprungligen avsåg uttrycket kolboxarna i koleldade ångfartyg, men med tiden tog innehållet i boxarna över benämningen och i dag är det olja som avses när man talar om bunkers. I den internationella bransch som sjöfart är, används uttrycket översatt i flera språk, däribland svenska. Den engelska formen är alltid i pluralform, bunkers, medan den översatta försvenskade formen ofta är i singularis; bunker.

Med bunkring avses den operation då bunker levereras till ett fartyg. Bunkring kan ske från mindre tankfartyg, pråmar eller bunkerbåtar, från tankbilar, eller vid särskilda bunkerkaier ungefär som vid en bensinmack. En bunkring kan omfatta en eller flera bunkerkvaliteter och uppgå till flera tusen ton. En typbunkring för ett rorofartyg i nordsjöfart kan uppgå 200-300 ton, vilket tar cirka 3 timmar från en bunkerpråm. Kostnaden för en sådan bunkring är vid dagens (våren 1999) prisnivå USD 22.000 eller SEK 175.000.

Tyngre bunkeroljor brukar med ett samlingsbegrepp benämnas Residual Oil eller "återstodsolja". Detta har att göra med raffinaderiernas arbetssätt där man, förenklat uttryckt, kokar och destillerar råolja vid en successivt ökande temperatur, varvid man erhåller olika produkter beroende på hur högt temperaturen nått. De produkter som erhålls först är bensin, fotogen och olika naftor. Efterhand kommer allt tyngre produkter som diesel och Gas Oil och så småningom Residual Oils, i vilken råoljans föroreningar samlats.

Bunkerolja finns idag i ett antal olika kvaliteter. Kvalitetsgraderingar för bunkerolja görs dels utifrån oljans viskositet, dels utifrån oljans grad av förorening.

### 2.2 ISO 8217

Utvecklingen mot allt sämre kvalitet på bunkerolja ledde till att General Council of British Shipping 1978 tog initiativ till skapandet av en kvalitetsklassning av bunkerolja. Efter hand lämnade även maskintillverkare synpunkter på normerna och 1987 gav International Organisation of Standardization (ISO) ut de brittiska normerna under

beteckningen ISO 8217. Normerna reviderades på ett antal punkter 1996 och har blivit den kvalitetsnorm till vilken man refererar vid bunkerköp (Cockett, 1997).

De egenskaper som ISO 8217:1996 reglerar är densitet, viskositet, flampunkt, vattenhalt, svavelhalt samt halter av ytterligare ett antal föroreningar. Se bilaga 1.

## 2.3 Olika användningsområden

Olika typer av maskineri och/eller kringutrustning ställer olika krav på bunker. Generellt kan man säga att lågvarviga, stora fartygsdieslar och ångturbinmaskinerier nöjer sig med bunker av lägre kvalitet, medan medel- och högvarviga dieslar och gasturbiner ställer högre krav. Med olika typer av filter, separatorer och uppvärmning kan man i många fall utnyttja bunker av en lägre kvalitet även till medelvarviga dieslar.

Många fartyg har två bunkerkvaliteter ombord, en till huvudmaskineriet och en till hjälpmaskineriet.

ISO-benämning	Äldre benämning	Viskositet vid 100°C i cSt. <sup>1</sup>	Viskositet vid 50°C i cSt. <sup>2</sup>	Viskositet i sec. Redwood <sup>3</sup>
RMx <sup>4</sup> 55	HFO 700	55	700	7.000
RMx45	HFO 500	45	500	5.000
RMx35	HFO 380	35	380	3.500
RMx25	IFO 180	25	180	1.500
RMx15	IFO 80	15	80	600
RMx10	IFO 40	10	40	300
DMB	MDO (Marine Diesel Oil)		< 8,0	
DMA	MGO (Marine Gas Oil)		< 4,8	

Tabell 1 Benämningar på olika oljekvaliteter

Trots att ISO-normen för bunkeroljor funnits i mer än 10 år har dess benämningar på olika oljekvaliteter inte slagit igenom ännu. De äldre benämningarna HFO (Heavy Fuel Oil), IFO (Intermediate Fuel Oil), MDO (Marine Diesel Oil) och MGO (Marine Gas Oil) används fortfarande i stor utsträckning. I rapporten kommer vi att använda dessa benämningar. I vissa sammanhang kan det fortfarande förekomma en ännu äldre benämning, där oljans viskositet uttrycks i seconds Redwood.

<sup>1</sup> ISO anger viskositet vid 100°C

<sup>2</sup> Äldre benämningar på oljekvaliteter utgick från viskositet vid 50°C

<sup>3</sup> Viskositet i Redwoodsekunder anges vid 100°F (38°C)

<sup>4</sup> I stället för x står här en bokstav A-L som anger olika klassning avseende densitet och renhet

## 2.4 Marknaden

Från det att oljeeldade ångpannor och fartygsdieslar började utnyttjas vid seklets början och fram till den första oljekrisen 1973 var bunkerolja en tämligen uniform produkt med en viskositet på ungefär 180 cSt<sup>1</sup>, en ganska lätt olja.

Före 1970 då oberoende oljebolag var sällsynta pågick det årligen förhandlingar mellan de stora oljebolagen och företrädare för shippingindustrin. Syftet med förhandlingarna var att avtala ett världsmarknadspris och de rabatter som skulle gälla ett till två år framåt. Förhandlingen var en komplicerad och tidskrävande process. Fördelen med detta system var att bunkring under denna tid var en direkt beställningsfråga, ej någon prisfråga. Denna typ av årliga förhandlingar tog slut i början av 70-talet, i samband med oljekrisen. Vid denna tid låg bunkerpriset på ungefär USD 15-20 per ton. Bunkermarknaden blev efter detta en mer öppen och rörlig marknad (Cockett, 1997).

Kriget mellan Israel och Egypten 1973 ledde till bunkerprishöjningar på 400%. Revolutionen i Iran 1979 och Irakkriget 1990-91 påverkade också bunkerpriserna på ett liknande sätt. Produktionskartellen OPEC införde under denna tid flera produktionsbegränsningar från stora oljeexportörer, i syfte att höja råoljaet, vilket i sin tur pressade upp bunkerpriserna ytterligare.

De ökande oljepriserna tillsammans med allt större fartygsdieslar som kunde utnyttja, relativt sett, billigare bränsle av lägre kvalitet gjorde att marknaden för dessa oljor ökade kraftigt. Prispressen, som blev starkare ju högre priset låg, gjorde att raffinaderierna producerade allt lägre kvaliteter innehållande flera föroreningar av olika slag. Produktionstekniken vid raffinaderierna förändrades också mot produktion av allt större andel bensen och högvärdiga produkter, på bekostnad av bunkeroljornas kvalitet (Cockett, 1997).

I dag (våren 1999) ligger priset på en relativt låg nivå. Bunkerpriset är dock ganska rörligt och det är inte ovanligt att det fluktuerar med 10-20% under en månad och med upp till 100% under ett år. Över en längre tidsperiod kan man dock se ett starkt samband med världsmarknadspriset på råolja (Cockett, 1997)

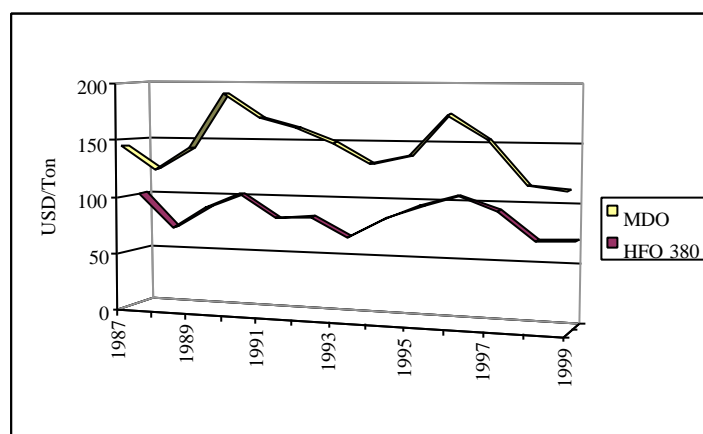
---

<sup>1</sup> Centistoke, SI-enhet för viskositet

Nedanstående två diagram visar hur priset på bunkerolja kan variera under en månad respektive under tolv år. Det undre diagrammet visar årsmedelpriser. Priset kan därför tidvis legat både högre och lägre än vad kurvorna visar.



Figur 1: Priset i USD per ton för IFO 380 i Rotterdam under 32 dagar i februari-mars 1999. (Källa: Bunkerworld, 1999)



Figur 2: Priset i USD per ton för olika kvaliteter i Rotterdam 1987-1999. (Källa: Clarkson, 1998 och Bunkerworld, 1999)

## 2.5 Standardupphandlingsprocedur

En effektiv bunkring av ett fartyg kräver skicklighet, precision och en utpräglad förmåga att samtidigt överväga många olika faktorer innan man kommer fram till det optimala beslutet. Detta leder sedan fram till ett inköp av högsta kvalitet ur ekonomisk synvinkel.

Vid beställning av bunkerolja vänder man sig till så kallade bunker-mäklare. Dessa kan i sin tur kontakta oberoende bunkerleverantörer eller bunkerhandlare. Rederiet självt kan sedan göra egna förfrågningar hos de stora oljebolagen. Detta gör att redaren kan få en första-handsinformation om marknadsläget avseende priset på bunker inför förhandlingarna med oljebolagen.

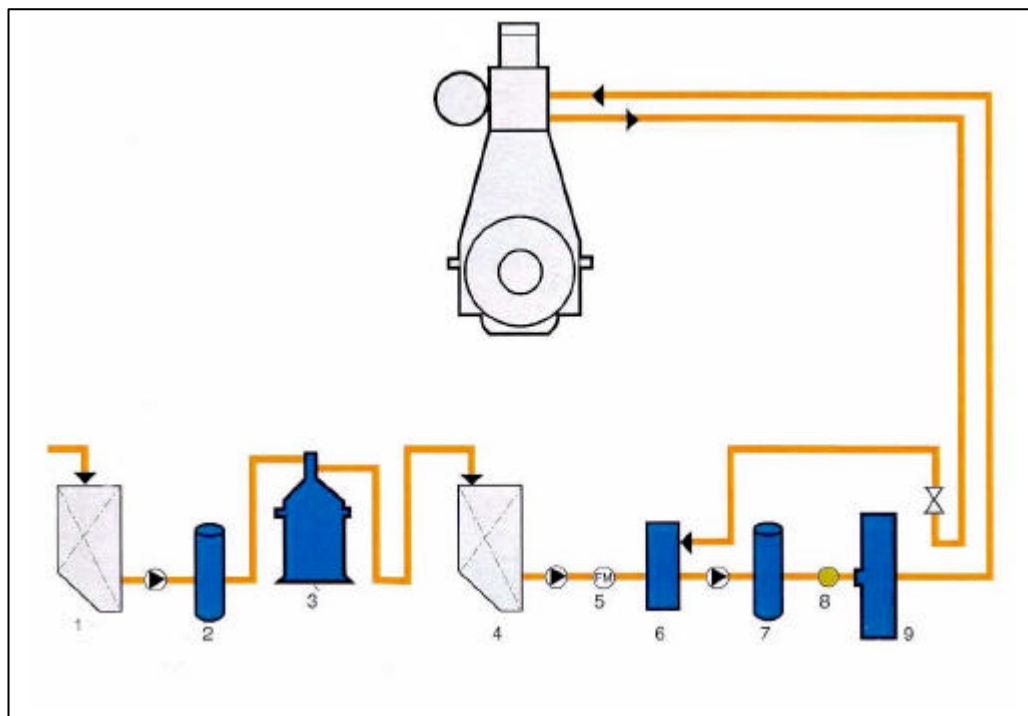
När man erhållit offerterna från de olika leverantörerna och därigenom funnit den billigaste leverantören är det viktigt att även förhandla om kredittiden. Som i nästan all annan företagsamhet är även redare

intresserade av att fördröja sina betalningar så länge som möjligt för att om möjligt göra en räntebesparing. Är fartyget dessutom sysselsatt på tankmarknaden där frakten för resan ofta erläggs i efterskott blir det ännu viktigare att fördröja betalningen av bunker (Cockett, 1997). Se bilaga 4.

## 2.6 Bunkerbehandling ombord

Vid val av olika bunkerkvaliteter uppstår olika behov att förbehandla bränslet innan det kan användas i maskineriet. De flesta maskiner kräver att viskositeten på bränslet är cirka 10-11 cSt vid insprutningen i cylindern. För en HFO-olja med en viskositet på 380 cSt vid 50°C innebär det att den behöver förvärmas till cirka 140°C.

Nedan följer en kort beskrivning av lagring och förbehandling av HFO (siffror inom parentes hänvisar till figur):



Figur 3: Schematisk skiss över ett HFO-bränslesystem (Källa: Alfa Laval)

Vid bunkringen leds oljan till bunkertankarna. Det finns alltid minst två bunkertankar i ett fartyg. Detta ger dels en säkerhet om man skulle få en läcka eller spricka i en av tankarna, dels möjliggör det separat lagring av två olika bunkeringar ombord (alla bunkeroljor är inte blandbara med varandra).

I bunkertankarna finns värmeslingor vilka håller oljan vid en temperatur som ger den tillräckligt låg viskositet för att vara pumpbar. För HFO 380 är denna temperatur cirka 50°C.

Från bunkertanken pumpas oljan till en settlingstank (1). I settlingstanken får oljan tid att settla sig (settla: fälla ut vatten och andra föroreningar tyngre än oljan). Eventuellt vatten kommer att falla mot tankens botten. I botten på settlingstanken finns det möjlighet att dränera ut vattnet till en särskild sludgetank.

Från settlingstanken pumpas oljan till en förvärmare (2), där den värms till den, ur separeringssynpunkt, lämpligaste temperaturen, cirka 95°C. Oljan separeras i separatorn (3). I separatorn rengörs oljan från resterande vatten och föroreningar, sludge. (Se avsnitt 4.5 om *sludge*) Den separerade oljan går nu vidare till dagtanken (4). Denna tank ska vara så dimensionerad att den rymmer minst ett dygns förbrukning av olja, därav namnet.

Från dagtanken pumpas oljan via flödesmätaren (5) till mixingtanken (6). I mixingtanken blandas oljan med returoljan som kommer tillbaka från maskinen. I mixingtanken finns det även utrustning som gör att luft kan lämna oljan och systemet. Från mixingtanken pumpas oljan till en värmare (7). Här värms nu oljan upp till erforderlig temperatur, vilken regleras av viskosimetern (8). Innan oljan når maskin passerar den ett finfilter (9).

Vid val av MDO eller MGO, i stället för HFO, behövs inte samma utrustning för behandling av oljan. Bunkertankarna behöver inte värmas lika mycket. Separators kapacitet kan minskas och mixingtank behövs inte. Ingen förvärmning och inget temperaturegleringsystem för viskositeten behövs.

## 2.7 Fartygsmaskinerier

### 2.7.1 Typer

Fartygsmaskiner byggs idag (1999) i storlekar upp till cirka 69.000 kW eller 93.000 hk. Detta är tillräckligt för de största fartygen som byggs idag. I många fall kan det dock av olika skäl vara lämpligt att dela upp den erforderliga effekten på flera maskiner. Det kan vara brist på utrymme som gör att flera mindre maskiner är lämpligare. Ett annat exempel är krav på manöverförmåga som gör att två propellrar

och två maskiner måste installeras. Säkerhetskrav kan också medföra att maskineriet delas upp i två oberoende delar, som var för sig kan driva fram fartyget.

Nedan presenteras de vanligaste typerna av fartygsmaskiner:

ÅNGTURBINMASKINERI består i princip av en ångturbin som drivs av ånga från en oljeeldad ångpanna. Under 70-talet hade ångturbinen sin storhetstid, främst beroende på att det inte fanns så stora fartygsdieslar som krävdes för att driva de stortankers man byggde då. En sämre bunkerekonomi var en oundviklig nackdel, men detta vägdes delvis upp av lägre underhållskostnader för det mekaniskt mycket enklare ångturbinmaskineriet.

Med stigande bunkerpriser blev det allt svårare att acceptera merkostnaden för driften av ångturbinmaskineri och numera installeras endast ett fåtal maskiner av denna typ och då endast under speciella förhållanden. Ett exempel är i större gastankfartyg, där man har möjlighet att utnyttja den del av lasten som ändå förgasas som bränsle till maskineriet. Även i örlogsfartyg förekommer det fortfarande att man monterar ångturbinmaskineri, vanligen då med en kärnreaktor som "ångpanna". Ett oljeeldat ångturbinmaskineri kan utnyttja bunker av låg kvalitet, såsom HFO 700.

GASTURBINER började utnyttjas för fartygsdrift i början av 50-talet. Gasturbinen är i princip en flygplansjetmotor där man utnyttjar jetstrålen till att driva en turbin på en axel, så att man får ett vridmoment på denna, istället för en reaktionskraft från jetstrålen. Gasturbins främsta egenskaper är mycket låg vikt och litet format. Den har 40-50% högre specifik bränsleförbrukning än tvåtaktsdieslar. Normalt kräver gasturbinen bunker av kvalitet MGO. Med hänsyn till gasturbins speciella egenskaper har den främst utnyttjats i örlogsfartyg.

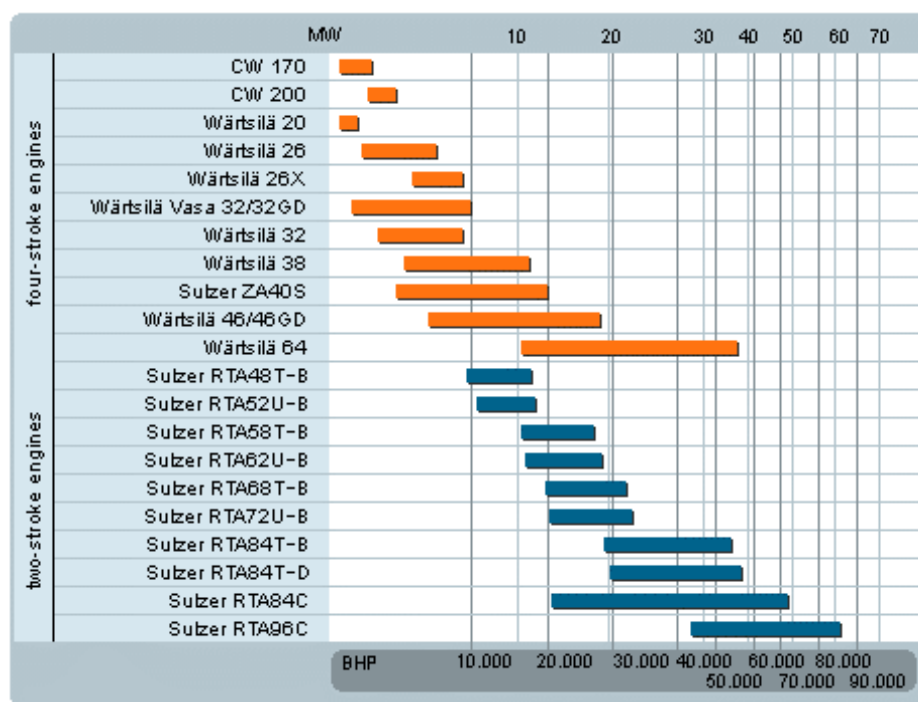
TVÅTAKTSMASKINER är det allra vanligaste i fartyg. Arbetssättet ger en förbränning per varv och cylinder. Maskinerna kan, bortsett från arbetssättet, ha tekniskt vitt skilda utföranden. Trunkmaskin respektive tvärstycksmaskin är två olika konstruktionsprinciper där vevstaken i det senare fallet är ledad på ett sätt som medger stor slaglängd utan att man behöver öka cylinderdiametern för att rymma vevstakens rörelser i sidled. Trunkmaskinsutförandet, som används på medelstora och mindre maskiner, har raka vevstakar, ledade i kolv-tappen, ungefär som i en vanlig bilmotor. Tvåtaktsmaskiner kan



byggas antingen helt utan ventiler, med enbart avgasventiler eller med både insugs- och avgasventiler. De olika utförandena ger maskinen olika egenskaper avseende bl.a. dimensioner, bunkerekonomi och underhållsbehov. Tvåtaktsmaskiner byggs för effekter på upp till 68.600 kW vid varvtal mellan 70 och 120 varv/min. Erforderlig bunkerqualität beror på val av kringutrustning samt, i någon mån, maskinens storlek.

FYRTAKTSMASKINER kännetecknas av arbetssättet med en förbränning vartannat varv per cylinder. En fyrtaktsmaskin har normalt flera cylindrar för samma effekt jämfört med en tvåtaktsmaskin. Den går på ett högre varvtal (400-600 varv/min.), är lägre, lättare (ungefär halva vikten för en given effekt) och billigare. På grund av det högre varvtalet krävs en reduktionsväxel för att erhålla ett lämpligt varvtal på propelleraxeln. Fyrtaktsmaskiner byggs för effekter på upp till 38.000 kW. Erforderlig bunkerqualität beror på val av kringutrustning samt maskinens storlek.

Nedanstående bild ger en uppfattning om vilka effektregister som täcks av fyrtakts- respektive tvåtaktsmaskiner:



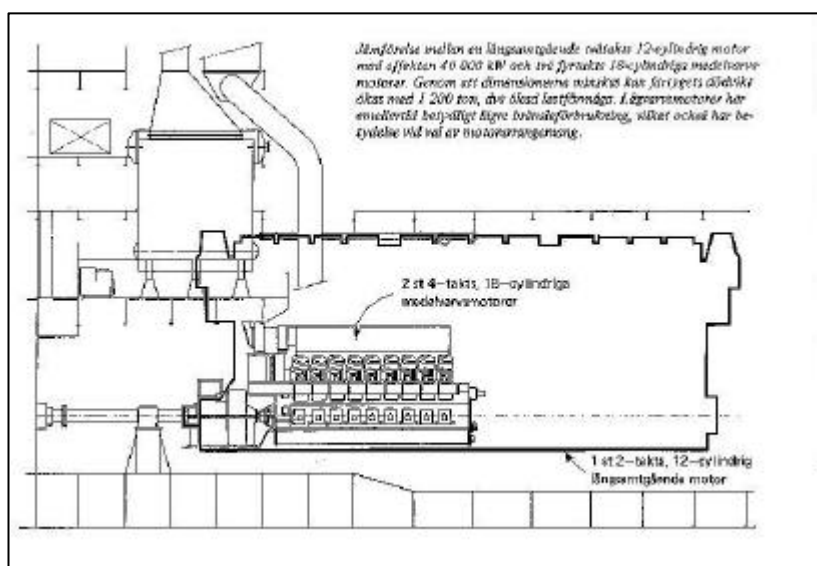
Figur 6: Wärtsilä NSD maskinprogram 1999.

## 2.7.2 Installationer/arrangemang

Det normala propellervarvtalet på ett (medelstort till stort) handelsfartyg ligger på mellan 70 och 170 varv/min, beroende på vilken diameter propellern kan ha på det aktuella fartyget. Teoretiskt ger en propeller med stor diameter, lågt varvtal och få blad den högsta verkningsgraden. Vid val av största möjliga propellerdiameter måste hänsyn tas till akterskeppets utformning, frigång mellan skrov och propellerblad samt det förhållandet att man vill ha hela propellern under vattnet även på en barlastresa med ett begränsat djupgående. Antalet propellerblad styrs av hållfasthetsskäl. Fyra blad är minimum. En annan faktor som avgör propellerdesignen är vilken effekt som propellern ska absorbera (Basic Principles of Ship Propulsion, 1999).

Det önskvärda propellervarvtalet kan erhållas, antingen med direkt-drift från en lågvarvig tvåtaktsdiesel, eller från en eller flera fyrtaktsdieslar vilka driver axeln via en växel som reducerar varvtalet.

Avgörande för detta val är en lång rad överväganden avseende bl.a. tillgängligt utrymme för maskinen, tillåten maximal vikt för maskinen, redundanskrav, val av bränsle, möjligheter att rena avgaser och utnyttja restvärme i en avgaspanna. Bilden nedan visar skillnaden i utrymmeskrav för två olika arrangemang med samma effekt, 40.000 kW. Denna effekt förekommer exempelvis i containerfartyg på 50-60.000 DWT med en fart på 24 knop och i VLCC/ULCC-tankfartyg.



Figur 7: Storleksjämförelse mellan ett tvåtaktsmaskineri och ett fyrtaktsmaskineri vid en effekt på 40.000 kW. (Källa: Jahnke, Kjellstenius & Olsson, 1981)

Utöver de ovanstående alternativen med mekanisk drift av propelleraxeln finns det även arrangemang för dieselelektrisk drift, där en eller flera dieslar (vanligen fyrtaktsdieslar) driver varsin generator som levererar ström till en eller flera elektriska propellermotorer. Ett sådant arrangemang medger ofta att man genom att variera antalet dieselgeneratorer i drift kan låta dessa arbeta i ett register med hög effektivitet och låg specifik bränsleförbrukning, trots varierande effektbehov.

Vid dieselelektrisk drift är det vanligt att man integrerar produktionen av elenergi för framdrivning och för övriga behov och på så sätt erhåller ett enhetligt maskineri, med de fördelar detta medför avseende reservdelslager och antalet nödvändiga bunkerkvantiteter ombord.

### 2.7.3 Bunkerförbrukning

Tabellen nedan visar den specifika oljekonsumtionen (SFOC) för fyra olika maskintyper. Eftersom den specifika oljekonsumtionen varierar något med effekten har vi valt maskiner i ett jämförbart effektintervall. Maskiner med denna effekt kan återfinnas i exempelvis tankfartyg av Suezmax-storlek, ca. 140.000 DWT. För att ge en uppfattning om årsförbrukningen för respektive maskintyp visas också den totala förbrukningen i ton vid ett effektuttag på 15.000 kW och med ett utnyttjande på 60% av tiden under ett år.

Maskintyp	kW max.	SFOC i g/kWh	Årsförbrukning i ton
Fyrtakts-maskin <sup>1</sup>	16.800	180	14.191
Tvåtakts-maskin <sup>2</sup>	16.320	170	13.403
Gasturbin <sup>3</sup>	15.000	232	18.291
Ångturbin <sup>4</sup>	17.541	305	24.046

Tabell 2: Specifik bränslekonsumtion för olika maskintyper. (Källor: MAN B&W, General Electric samt Johansson, 1989)

## 2.8 Fartygs framdrivning

### 2.8.1 Allmänt

Det motstånd som skall övervinnas vid ett fartygs framdrivning består av en mängd faktorer. Dessa varierar och påverkas av bl.a. fartygets

<sup>1</sup> MAN B&W V48/60

<sup>2</sup> MAN B&W S60MC

<sup>3</sup> General Electric LM1600

<sup>4</sup> Ångturbinmaskineri i T/T Juno, Stal-Laval.

storlek och form. Omständigheter som t.ex. farledens djup och fartygsbottens bevaxning spelar också stor roll för motståndets storlek.

Fartygsmotstånd kan delas in i två olika typer av rörelsemotstånd, nämligen friktionsmotstånd och restmotstånd.

Friktionsmotståndet uppkommer vid vattnets glidning längs fartygskrovet. Storleken av friktionsmotståndet bestäms av storleken och jämnheten hos skrovytan. Restmotståndet utgörs av de sammanlagda övriga rörelsemotstånden. Huvudsakligen utgörs detta av vågmotståndet som uppkommer genom att vattnet först skjuts undan och sedan åter sugts tillbaka av fartyget då det rör sig genom vattnet.

Det sammanlagda motståndet är summan av friktionsmotståndet och restmotståndet och varierar ungefär kvadratisk med fartygets hastighet genom vattnet.

$$\frac{F_1}{F_2} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2$$

$F_1$  är totalmotståndet vid farten  $v_1$

$F_2$  är totalmotståndet vid en farten  $v_2$

Detta innebär att om farten ökas med t.ex. 20% ökar motståndet med cirka 44%.

Man kan inte teoretiskt beräkna fartygsmotståndet utan detta fastställs genom modellförsök. Försöken går till så att en modell av fartygskrovet släpas i en vattenränna varvid den erforderliga dragkraften mäts. Genom att ändra lite på skrovets form och göra nya släpförsök kan man hitta den skrovform som ger det minsta motståndet.

### 2.8.2 Driveffekt

Den av framdrivningsmaskineriet utvecklade effekten används för att övervinna rörelsemotstånden vid fartygets gång genom vattnet.

Effekten som tillförs propellern är något mindre än axeleffekten eftersom det blir vissa friktionsförluster i trycklager och bärlager.

Den effekt som tillföres propellern kommer endast till viss del att ge fartyget fart genom vattnet. Även propellern har en viss verkningsgrad varför en del av effekten går bort i form av förluster. Den så kallade propellerverkningsgraden varierar beroende på fartygstyp och propeller med 50-80%.

Framdrivningseffekten för ett fartyg kan tecknas:

$$P = \frac{F \times v}{1000}$$

P = Effekten i kW

F = Den kraft som åtgår för att trycka fartyget genom vattnet, det totala fartygsmotståndet i Newton, N

v = Fartygets fart i m/s

Eftersom fartygsmotståndet ökar med kvadraten av farten så kommer framdrivningseffekten att öka med farten i tredje potens. Detta kan skrivas på följande sätt:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^3$$

P<sub>1</sub> = driveffekt vid tillfälle 1

P<sub>2</sub> = driveffekt vid tillfälle 2

v<sub>1</sub> = fart vid tillfälle 1

v<sub>2</sub> = fart vid tillfälle 2

Detta innebär att om man vill öka farten med t.ex. 20% måste man öka framdrivningseffekten med cirka 73%.

### 2.8.3 Bunkerförbrukning vid varierande fart.

Enligt den senare formeln i avsnitt 2.8.2 varierar framdrivningseffekten med farten i kubik. Detta är naturligtvis ett förenklat synsätt som dock används för enklare beräkningar på, ett i verkligheten, betydligt mer komplicerat förhållande.

Vid små effektvariationer, då motorns verkningsgrad kan anses vara konstant, är den absoluta bränsleförbrukningen direkt proportionell mot effekten.

$$B = P \times b$$

B = Absolut bränsleförbrukning i kg/h

P = Effekt i kW

b = Specifik bränsleförbrukning i kg/kWh

Enligt resonemanget ovan kommer bränsleförbrukningen per tidsenhet vara proportionell mot farten i kubik. Vid större fartvariationer ändras både maskineriet och propellerns verkningsgrad så mycket att ovanstående inte längre gäller. Bränsleförbrukningen under en viss distans, t.ex. en nautisk mil, är under samma förutsättningar som förut proportionell mot farten i kvadrat. Bränsleförbrukningen per timme, B, är

nämligen lika med bränsleförbrukningen per nautisk mil,  $b$ , gånger farten i knop.

$$B = b \times v$$

Då  $B$  är proportionell mot farten i kubik erhålls:

$$\frac{b_1 \times v_1}{b_2 \times v_2} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^3$$

$b_1$  = bränsleförbrukning vid tillfälle 1

$b_2$  = bränsleförbrukning vid tillfälle 2

$v_1$  = fartygets fart vid tillfälle 1

$v_2$  = fartygets fart vid tillfälle 2

## 2.8.4 Bunkerförbrukning vid varierande displacement

Bunkerförbrukningen varierar också med ett fartygs displacement eller djupgående. Större displacement ger ett högre framdrivningsmotstånd och ett högre effektbehov.

$$P = k \times V^3 \times \Delta^{1,05}$$

$P$  = effektbehov

$k$  = konstant

$V$  = fart

$\Delta$  = displacement

Formeln visar att framdrivningsmotståndet dels varierar med farten, dels varierar displacementet. Sambandet med farten är kubiskt, som vi tidigare visat. Sambandet med displacementet är inte riktigt linjärt då fartygets blockkoefficient ökar vid ökat djupgående. För tankfartyg gäller exponenten 1,05 empiriskt (Stena, 1999)

## 2.9 Miljö

### 2.9.1 Energiutnyttjande

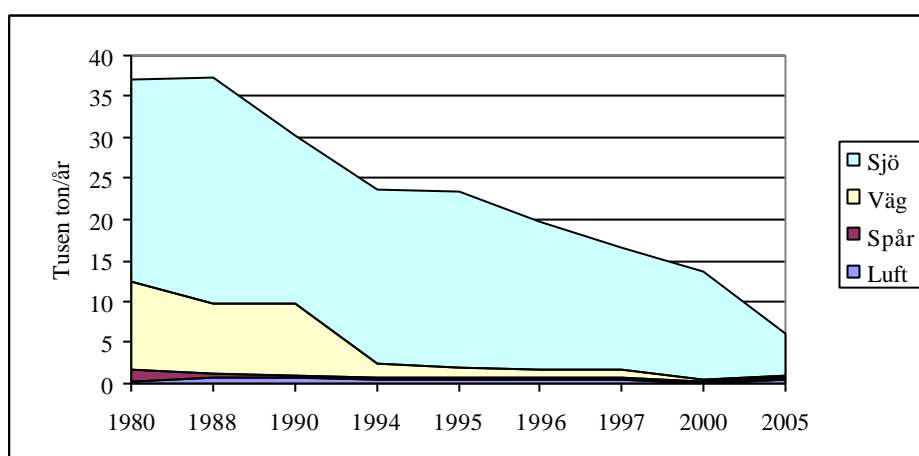
Sjöfarten står idag för en tredjedel av alla svenska transporter samt för 80% av världshandelns transporter<sup>1</sup>. Den är miljövänlig med låg energiåtgång och den betraktas som det effektivaste transportsättet i förhållande till utfört transportarbete. Den ställer inte stora krav på en utbyggd infrastruktur för att kunna utföra transporten.

Trots detta finns det en hel del arbete att göra för att bli miljövänligare. Tekniken för att avhjälpa miljöproblemen är emellertid under ständig tillväxt och redan idag finns det flera olika lösningar att an-

---

<sup>1</sup> Sveriges Redareförening, 1999

vända sig av. Minimering av bränsleförbrukningen har under lång tid varit en viktig fråga för motortillverkarna men nu prioriteras motorer med renare avgaser. Det forskas inom de flesta områden som berörs av fartygens miljöpåverkan och medvetenheten för miljöfrågor ökar. Idag har färjorna till stor del i Sverige övergått till att använda sig av lågsvavligt bränsle med max 0,5% svavel och allt fler fartyg skaffar svavelintyg där de binder sig att använda bunker med max 1% svavel. Av de idag cirka 3.500 fartyg som trafikerar svenska farvatten har en tredjedel svavelintyg (Karlsson, P., 1999). Det är svaveldioxidutsläppen från fartyg som idag är det största hotet för miljön från sjöfartens sida.



Figur 8: Svaveldioxidutsläpp för olika transportslag. (Källa: Trafikverkens miljörapport 1997)

Ständiga förbättringar av fartygens energieffektivitet nås via forskning och utveckling. I framtiden räknar man med en reduktion av bunkerförbrukningen med 20-30% genom effektivare skrov, propellrar och motorer. Man kommer även att utveckla och kombinera de olika maskinerierna ombord mera med varandra, det så kallade integrerade maskineriet. Framdrivningsmaskineriet och hjälpmaskineriet kan användas tillsammans optimalt beroende på vilken effekt och vilket elkraftuttag som krävs.

## 2.9.2 Avgaser

Avgaserna från fartygsmaskiner innehåller kväveoxider, svaveldioxid, koldioxid, kolväten och partiklar, samt gasformiga ämnen av andra ämnen som finns i bränslet såsom fosfor, vanadin och tungmetaller. För varje ton bränsle bildas 60-80 kg kväveoxider vid förbränningen. Svavelhalten i avgaserna är direkt beroende av mängden svavel i bränslet och 1% svavel ger 20 kg svaveldioxid per ton bränsle.

KVÄVEOXIDER bildas till största delen i förbränningsprocessen då luftens kväve och syre reagerar. Tryck, temperatur, lufttillgång och bränsleinsprutning är faktorer som påverkar bildningen av kväveoxider. Kvävemättnings- och övergödning med åtföljande försurning är ett stort problem vad gäller miljöpåverkan av kväveoxider.

SVAVELDIOXID-mängden i avgaserna är direkt beroende av svavelhalten i bränslet, vilket betyder att svavelfattiga bränslen ger mindre mängd svavel i avgaserna. Svaveldioxidutsläppen är den största orsaken till försurning av mark och vatten. Genom olika reaktioner i atmosfären bildas svaveldioxidsyror som påverkar markens pH-värde. Vid försurning av marken läcker för växterna viktiga näringsämnen som kalcium, kalium och magnesium ut i vattnet. Metaller som är giftiga för växter och djur, t.ex. aluminium, bly och kadmium blir mer rörliga i marken. Där lakas de ut till vatten där de tas upp av vattenlevande organismer och påverkar oss människor genom fisken som vi äter. Även korrosion av kulturminnen och byggnader orsakas av försurningen.

KOLDIOXID är en växthusgas, vilket betyder att den absorberar värmestrålningen från jorden och hindrar den från att försvinna ut i rymden, samma princip som i ett växthus men på global nivå. En ökning av växthusgaser kan få stora effekter på jordens klimat. Exempel kan vara förskjutning av klimatzoner, ändring av havsströmmar, höjning av havens yta, ökenspridning mm. Med säkerhet vet man att ökningen av växthusgaser medför att jordens temperatur överlag kommer att öka.

Den mängd koldioxid som bildas vid förbränning är direkt beroende av den mängd bränsle som används och påverkas inte av bränslekvalitet eller katalysatorer, men väl av motorns verkningsgrad. Traditionellt sett har fartygsdieslar en hög verkningsgrad och förbrukar mindre mängd bränsle och producerar därmed mindre mängd koldioxid per kWh än t.ex. en bensinmotor.

KOLVÄTEN är benämningen på en mängd olika föreningar som består av molekyler som i huvudsak uppbyggda av grundämnena kol och väte. Dessa bildas till största delen under förbränningsprocessen men uppkommer också till följd av ofullständig förbränning av oljan. Kolväte ger tillsammans med kväveoxid upphov till fotooxidantbildning, det vi i dagligt tal kallar för smog. Många kolväten kan ge upphov till cancer och irritera ögon och slemhinnor.



## 3 Upphandlingsaspekter

### 3.1 Stora volymer

En stor bunkerköpare har möjlighet att utnyttja sina stora inköpsvolymer för att på olika sätt få förmånligare villkor. Ett exempel är Wallenius som på årsbasis tecknar kontrakt med en stor leverantör i Rotterdam/Antwerpen-området. I kontraktet avtalas om en preliminär årsvolym på 150.000 ton bunkerolja. Tonpriset på varje bunkerleverans blir leveransmånadens medelpris på marknaden i Rotterdam. Priset fastställs slutligen vid månadens slut, varefter fakturering görs. Detta medför, dels ett stabilare bunkerpris, dels indirekt en förlängd kredittid för Wallenius (Karlsson, B., 1999)

### 3.2 Terminssäkring/hedging<sup>1</sup>

För att minska exponeringen av oljepris- och valutaförändringar kan man med hjälp av olika finansiella instrument som terminshandel och optioner<sup>2</sup> reducera risknivån. En option ger innehavaren rätten – men inte skyldigheten – att under en viss tid köpa värdepapper eller varor till ett i förväg bestämt pris. Vid terminshandel binder man sig att köpa till ett i förväg bestämt pris. Optionen och terminen kopplas till en premie som utgår även om köpet inte blir av (Cockett, 1997).

Samlingsnamnet för dessa typer av handel är derivat. Derivat kommer från latinet och innebär att dessa instrument härleder sitt värde från ett ”underliggande” värdepapper – till exempel ett köpekontrakt avseende bunkerolja eller aktier (Eklund, 1997).

Eftersom prisnivån tidvis varierar kraftigt tecknar vissa rederier optioner eller terminer för att mot en viss premie säkra oljepriset vid en nuvarande nivå på en marknad med stigande priser. Det omvända kan ske vid en sjunkande prisnivå men blir då mera spekulativt eftersom man räknar med att köpa bunkeroljan billigare i ett senare läge. Kontrakt avseende köp- respektive säljpositioner tecknas härvid.

Motsvarande kontrakt kan även användas för att gardera eller ”hedga” intäkter. Vid exempelvis en hög dollarkurs (USD) i förhållande till

---

<sup>1</sup> Gardering

<sup>2</sup> Option: värdepapper som ger innehavaren rätten – men inte skyldigheten – att under en viss tid teckna en aktie till ett visst pris.

den valuta som belastar rederiet (till exempel löner i SEK) kan det beräknade intäktsflödet i USD upp till ett år framåt säljas mot SEK och inkomsterna säkras även vid en sjunkande dollarkurs. Många rederier utnyttjar dessa möjligheter, som dock ställer krav på hanteringen.

### 3.3 Specifikationer

Vid beställning av bunker är det viktigt att specificera önskad kvalitet i köpeavtalet. Dessa specifikationer kan vara hämtade från ISO 8217, vara beställarens egna eller en kombination därav.

Utformningen av specifikationerna styrs i första hand av köparens tekniska, ekonomiska och miljömässiga krav. I viss mån kan man även säga att tillgängliga oljekvaliteter styr, i så måtto att det inte är rimligt att specificera en produkt som inte finns på marknaden. Detta kan dock vara en process där man kan bygga upp en efterfrågan på en produkt som från början inte tillverkats. Bunkerspecifikationerna ska dock främst ses som ett instrument för kvalitetssäkring (Cockett, 1997).

ISO 8217 reglerar främst halterna av olika oönskade substanser i oljan, såsom vatten, svavel, vanadin, aska mm. Även vissa fysikaliska egenskaper som viskositet och densitet regleras. En, för köparen intressant egenskap, nämligen bränslets specifika energiinnehåll, regleras dock inte av ISO 8217. Visserligen är det specifika energiinnehållet i stort sett en omvänd funktion av vatten-, ask- och svavelhalt, men här finns det ändå möjlighet att göra tilläggs-specifikationer. Antingen kan detta ske genom att ställa absoluta krav på vad som ska levereras eller genom att utforma en klausul i avtalet så att det slutliga priset fastställs i relation till det specifika energiinnehållet i den levererade oljan. Cockett menar dock att för en specificerad kvalitet varierar energiinnehållet mindre än maximala 2,5% beroende på att det inte är sannolikt att de olika påverkansfaktorerna samverkar i en riktning.

### 3.4 Kvalitets- och kvantitetsäkring

För att garantera att den levererade bunkeroljan är av specificerad kvalitet och kvantitet kan man utnyttja något av de olika bunker-

analyslaboratorier som finns. De största är FOBAS<sup>1</sup> och DNV<sup>2</sup>. Ett prov tas under bunkringen på ett noga angivet sätt som garanterar att provet blir representativt för hela leveransen. Provet fördelas på tre eller fyra flaskor, vilka förseglas. Leverantören tar en flaska, fartyget en och den tredje skickas till laboratorium för analys. Provsvar erhålls inom ett par dagar och därefter kan fartyget börja använda oljan. Se bilaga 3.

I händelse av att provsvaret inte skulle vara i enlighet med specifikationerna, finns det möjlighet till ytterligare analys av något av de andra proverna. Beroende på avvikelens karaktär avgör rederiet om oljan går att utnyttja eller ej och om avvikelsen ska ligga till grund för en prisjustering eller möjligen skadeståndsanspråk.

På ett liknande sätt kan man utnyttja en oberoende surveyor för att fastställa att rätt kvantitet levererats. Genom pejling av tankar hos leverantören, i land eller på bunkerpråm, samt i fartyget och eventuell temperaturkompensation kan man fastställa levererad volym, vilken efter fastställande av specifika vikten kan omvandlas till levererad vikt.

En aspekt på kvantitetssäkringen som kan lösas med bunkeranalys är det faktum att bunker levereras per volym, men betalas per vikt (se bilaga 2). Detta medför att en korrekt bestämning av densiteten är av stor vikt. Leverantören uppger alltid densiteten och den beräknade vikten vid avslutad bunkring, men bunkeranalys ger en kontrollmöjlighet i detta avseende. En skillnad i uppgiven och faktisk densitet på 5 kg/m<sup>3</sup> kan vid en bunkring av 1.000 ton ge en skillnad i levererad volym på 6 m<sup>3</sup>. Detta multiplicerat med ett bunkerpris på exempelvis USD 70 ger en merkostnad på USD 420, vilket kan jämföras med kostnaden för en bunkeranalys, USD 500 (DNV, 1999)

Bunkeranalystjänsterna tillhandahåller olika sammanställningar, grundade på erhållna provsvar. Dessa kan ha formen av en "White List" i vilken ett antal bunkerleverantörer listas, som håller en viss, godkänd nivå avseende levererade kvantiteter och kvaliteter. DNV ger ut en periodisk sammanställning över alla analysvar. Ur denna kan man läsa ut vilken kvalitetsnivå olika leverantörer håller.

---

<sup>1</sup> Fuel Oil Bunkers Analysis and Advisory Service, ett analyslaboratorium knutet till Lloyd's Register.

<sup>2</sup> Det Norske Veritas, ett norskt klassningssällskap som bl.a. tillhandahåller en bunkeranalystjänst.

### 3.5 Räntekostnad

För fartyg som kan bunkra stora volymer kan räntekostnaden för bunker ombord komma upp i belopp värda att ta i beaktande.

Exempelvis kan flera av Wallenius fartyg ta över 4.000 ton bunker, till ett värde av 2.240.000 kr vid ett bunkerpris på USD 70/ton (Karlsson, 1999). En ULCC (Ultra Large Crude Carrier eller stortanker) som Stena King kan ta 20.500 ton bunker, till ett värde av 11.500.000 kr (Concordia Maritime, 1999).

Om man står inför valet att bunkra för en last- och barlastresa som är 20+20 dygn, antingen i utgångshamnen eller i lossningshamnen, där bunkerpriset i utgångshamnen är t.ex. USD 80, bunkerförbrukningen 50 ton/dygn och räntan 10% ska man räkna med räntekostnaden för bunkeroljan för returreisan:  $1.000 \text{ ton} \times \text{USD } 80 \times 10\% \times 20 \text{ dygn} = \text{USD } 438$  eller USD 0,44/ton (Cockett, 1997). Motsvarande kalkyl för Stena King med en bunkerförbrukning på 180 ton/dygn och en resa på 30+30 dygn ger en räntekostnad på USD 5.400 eller USD 0,66/ton.

Exemplen visar att räntekostnaden för att ta ombord bunker ”onödigt” tidigt motsvarar ett bunkerpris som är ungefär 50 ¢ högre/ton. Detta innebär att räntekostnaden är, i stort sett, negligierbar.

### 3.6 Särkostnader för bunkring

Vid varje bunkertillfälle uppstår ett antal särkostnader. Gör man ett anlop enkom för att bunkra får man dessutom räkna med kostnader för lots och hamnanlop:

- Kvantitetssurveyor kostar USD 400/gång (Karlsson, 1999).
- Ett anlop, ex.vis i Singapore, för bunkring kostar ungefär USD 5.000, för en bilbåt av Wallenius-typ (Karlsson, 1999).
- En bunkeranalys hos Det Norske Veritas kostar cirka USD 500.
- En frivillig kostnad som en del rederier tar är att lägga ut länsor vid bunkring. Detta kostar ungefär USD 1.500 (Karlsson, 1999).
- I vissa hamnar offereras bunker ”ex wharf”<sup>1</sup>, och där kan det tillkomma en avgift för bunkerpråmen, barge cost, på kanske USD 1.000.

---

<sup>1</sup> Motsvarar ”Leverans fritt lager”

Summerat blir särkostnaden för en bunkring vid ett planerat hamnanlöp, utan deviation, USD 900-3.400. Vid ett rent bunkringsanlöp tillkommer dessutom ev. hamn- och lotsavgifter på upp till USD 5.000 (Karlsson, 1999).

Vid en bunkring av 1.000 ton HFO 380 blir den rena kostnaden för bunkeroljan USD 70.000 med de priser som gäller i april 1999. Den sammanlagda särkostnaden kan uppgå till mellan USD 900 och 8.500, vilket också kan uttryckas som ett påslag på mellan 1,3 och 12%. Resonemanget bygger på förutsättningen att rederiet anlitar kvantitetsurveyor och lämnar prover till bunkeranalys.

Wallenius bygger numera sina fartyg med en bunkerkapacitet tillräcklig för en resa jorden runt. Detta innebär en ökad räntekostnad för bunkerolja i lager, men färre bunkringar (fyra i stället för tolv-sexton per år) och de besparingar detta medför (Karlsson, 1999). Som vi visat ovan i avsnitt 3.5 är räntekostnaden närmast negligierbar.

### 3.7 Spillrisk

Enligt The Swedish Club förekommer det överbunkring med oljeutsläpp som följd vid ett antal tillfällen årligen. Det är oftast frågan om små kvantiteter, enstaka liter upp till någon kubikmeter. Kostnaden för sanering och böter varierar med var utsläppen sker. Generellt sett är det dyrare att drabbas av utsläpp i USA, och det finns exempel på utsläpp på några få kubikmeter som kommit att kosta uppåt USD 20 milj. Även ett mycket litet oljeutsläpp kostar som regel minst USD 5000, oavsett var det inträffar. USD 5000 är också den normala självrisken för ett fartygs P&I<sup>1</sup>-försäkring (Holmberg, 1999).

Det ligger utanför ramen för denna rapport att beskriva redarens ansvar för oljeutsläpp enligt OPA 90 eller annan nationell eller federal lagstiftning. Man kan emellertid konstatera att exempelvis OPA 90 lägger ett mycket stort ekonomiskt ansvar på redare vars fartyg släpper ut olja på amerikanskt vatten. Ansvarsbegränsningen för exempelvis ett tankfartyg på 130.000 BRT ligger på USD 156 milj. Ett torrlastfartyg på 20.000 BRT har ett begränsningsbelopp på USD 12 milj. Förutom böter föreligger ersättningsplikt för saneringskostnader, skador på egendom och naturresurser, inkomstbortfall m.m. (Cockett, 1997).

---

<sup>1</sup> Protection & Indemnity

Den ekonomiska risk det innebär att bunkra i USA, gör att vissa rederier i det allra längsta undviker att bunkra där, trots direkta merkostnader. Till exempel bunkrade Wallenius fartyg vid 287 tillfällen under 1998, varav endast tre i USA (Karlsson, 1999).

Den ekonomiska risk ett fartyg utsätter sig för vid oljespill i Sverige är beroende av två faktorer, fartygets bruttodräktighet och oljeutsläppets storlek. Detta regleras i SFS 1994: 1796, *Lag om åtgärd mot vattenförorening från fartyg*.

## 4 Driftsaspekter

### 4.1 Ruttplanering

Ruttplanering är samlingsnamnet för den analys ledningen på ett fartyg, stort som litet, måste göra före varje resa, där alla yttre faktorer som kan påverka fartyget under dess resa måste beaktas. Syftet med ruttplaneringen kan vara att spara bunker, få en säker sjöresa, få en så kort resa som möjligt eller en kombination. Går man tillbaks till vikingatiden så fick vikingen lita på sin erfarenhet vad det gällde att bedöma kommande väder i form av vind och ström som fartyget kunde möta under sin resa. Vikingarna bedrev en form av ruttplanering när de lärde sig att använda havsströmmarna för att lättare ta sig fram. Detta innebar att de fick ta olika färdvägar vid olika årstider. Dagens befälhavare har mycket bättre förutsättningar för att kunna bedöma kommande väderlek inför en resa.

En faktor som inverkar på effektbehovet och därigenom bunkerförbrukningen, vid navigering i grunda farvatten, är den så kallade squat-effekten, vilken man bör ta hänsyn till vid ruttplanering. När ett fartyg förflyttar sig en fartygslängd framåt, skall lika mycket vatten förflyttas bakåt. Fartyget åker då i sin egen motström, och det bildas ett undertryck vilket resulterar i att fartygets sugas ned mot botten. Detta gör att fartygets djupgående ökar och därmed minskar farten vid samma axeleffekt. Detta fenomen kan uppträda vid vattendjup upp till 10 gånger fartygets djupgående (Laurence, 1984).

#### 4.1.1 Fartanpassning

Ruttplanering kan delas upp i två beståndsdelar:

1. Planering av den *väg* fartyget ska välja med hänsyn till distans, vattendjup, väder, ström etc.
2. Planering av den *fart* fartyget ska hålla under resan, vid varje tidpunkt, med hänsyn till önskad ankomsttid, återstående distans, vattendjup, rådande och förväntat väder, rådande och förväntad ström och inte minst bunkerförbrukningen.

För att erhålla lägsta totala bunkerförbrukning bör framdrivningseffekten vara så jämn som möjlig under resan, vilket bör vara målsättningen med punkt 2 ovan.

Två sätt att anpassa farten för att komma fram på utsatt tid är att antingen köra snabbt i början för att sakta ner efterhand eller också att köra lugnt i början för att öka på, om det visar sig nödvändigt.

Båda dessa fall gör att fartyget drar mer bunker än det kunde ha gjort om man räknat på den optimala farten i förhållande till resans längd och ankomsttid. Det kan finnas andra skäl till att man vill ligga lite före i tid, exempelvis om fartyget riskerar att drabbas av ekonomiska förluster som inte kompenseras av bunkerbesparingen om fartyget skulle anlända sent (Laurence, 1984).

Exempel: Antag att bunkerförbrukningen per nautisk mil för ett fartyg på 18.000 DWT vid farten 16 knop uppgår till 91 kg/nm. Låt oss se vad bunkerförbrukningen blir om vi drar ned på farten till 15 knop istället. Se 2.8.2.

$$b = \frac{15^2}{16^2} \times 91 = 79 \text{ kg/nm}$$

Vi sparar alltså i detta fallet  $91 - 79 = 12$  kg bunkerolja per nautisk mil. Uttryckt i tidsförlust respektive bunkerbesparing på en resa Umeå-Lübeck (912 nm) blir det 2 dygn och 13 timmars resa istället för 2 dygn och 9 timmar samt 72 tons bunkerförbrukning i stället för 93 ton. Bunkerbesparingen blir SEK 12.200 vid ett bunkerpris på USD 70/ton och en dollarkurs på SEK 8,30 (våren 1999).

Vid anpassning av farten för ett resebefraktat<sup>1</sup> fartyg är det nödvändigt att väga in den tidsförlust/vinst som blir följden av en fartändring, om man ska beräkna det ekonomiska utfallet. Högre fart ger en större total bunkerkonsumtion och därmed ett mindre överskott på resan, men resan genomförs på kortare tid, och överskottet räknat per dygn kan bli högre. Förutsatt att fartyget kan påbörja en ny resa inom den inbesparade tiden bör man räkna på vilket alternativ som ger störst överskott per dygn.

En resekalkyl för ett kylfartyg med två olika fartalternativ visar att vid just de rådande kostnaderna och intäkterna är det lönsammare att hålla en högre fart. Detta förhållande påverkas av samtliga ingående kostnader och intäkter och kalkylen avseende fartalternativen måste därför göras vid varje resa.

---

<sup>1</sup> Befraktningsform där redaren åtar sig att med ett visst fartyg frakta en last en viss sträcka. Redaren betalar själv samtliga kostnader för fartyget.



	Full fart		Reducerad fart	
	Lastresa	Barlastresa	Lastresa	Barlastresa
Last, antal lådor	250 000		250 000	
Frakt/låda, USD	2,50		2,50	
Bruttofrakt	625 000		625 000	
Kommission, 1,25%	7 813		7 813	
Nettofrakt	617 188		617 188	
Hamnkostnader, totalt	33 500		33 500	
Diverse	2 500		2 500	
Resekostnader, exkl. bunkers	36 000		36 000	
Hamn- och väntetid	7,5		7,5	
Distans, nm	5 741	4 812	5 741	4 812
Fart, knop	22,5	22,5	18,5	18,5
Sjötid, dygn (+5%)	11,2	9,4	13,6	11,4
Restid, totalt	18,7	9,4	21,1	11,4
Bunkerkonsumtion HFO/dygn	81	73	49	44
Bunkerkonsumtion HFO totalt	904,2	683,0	665,3	500,7
Pris HFO/ton	70	70	70	70
Kostnad HFO totalt	63 295	47 813	46 568	35 050
Bunkerkonsumtion MDO/dygn	7	4	7	4
Bunkerkonsumtion MDO totalt	130,6	37,4	147,5	45,5
Pris MDO/ton	100	100	100	100
Kostnad MDO totalt	13 064	3 743	14 754	4 552
Kostnad HFO & MDO	127 914		100 923	
Resekostnader, exkl. bunkers	36 000		36 000	
Resekostnader, totalt	163 914		136 923	
Nettoöverskott för resan	453 274		480 264	
Nettoöverskott/dygn	<b>16 177</b>		<b>14 797</b>	

Figur 9: Resekalkyl för ett kylfartyg vid olika farter. (Källa: Gorton, Lindh & Sandevärn, 1982)

#### 4.1.2 Seapacer och ETAPILOT

Passagerarfärjan Stena Scandinavica som går mellan Göteborg och Kiel använder sig av ett reseplaneringssystem som heter Seapacer. Systemet används för att försöka göra resorna så ekonomiska som möjligt ur bunkerförbrukningssynpunkt. Före varje resa går vakt-havande styrman igenom väderrapporter från SMHI som visar vilken väderlek som kan väntas under resan. Styrman matar in den förväntade vinden och strömmen, vattendjupet längs hela resan, fartygets trim och när fartyget skall vara framme. Programmet har sedan tidigare fått information om sambandet mellan axeleffekt och fart i

olika driftsituationer. När resan sedan startar kommer Seapacern att ta över manövrering av huvudmaskineriet och reglera effekten för att resan ska bli så ekonomisk som möjligt.

Om resan börjar i Göteborg och det är risk för motström nere i Stora Bält kan det vara lönsamt att öka axeleffekten lite i början av resan där djupgåendet är som störst, i stället för att öka effekten när det börjar bli motström i Stora Bält. Där är det normalt mer ekonomiskt att minska axeleffekten på grund av det ringa vattendjupet och risken för squat (Bohman,1994).

Bunkerförbrukningen för fartyg är beroende av fartygets fart och displacement. Trots detta kan bunkerförbrukningen variera en hel del även om fartygets fart och displacement är konstant. Dessa variationer beror i huvudsak på propellerns verkningsgrad, maskinens specifika bunkerförbrukning, vattendjup under kölen och väderförhållanden.

ETAPILOT<sup>1</sup> är ett mät- och kontrollsystem som används för att optimera bunkerförbrukning genom kontroll av framdrivningsmaskineriets varvtal och stigningen på propellern.

ETAPILOT mäter och kontrollerar följande uppgifter:

Kontrollera fartygets fart genom att systemet får kännedom om distansen till destinationen och vid vilken tid fartyget skall nå fram.

Kontrollerar fartygets bunkerförbrukning, vilket innebär att förändring av propellerstigning och varvtal görs kontinuerligt för att kompensera för ändrade yttre förutsättningar, exempelvis förändrat vattendjup under kölen.

Kontrollerar och reglerar varvtal på propellern och propellerns stigning för att uppnå minsta möjliga bunkerförbrukning vid den aktuella farten.

Kontrollerar och reglerar farten och bunkerförbrukningen under en resa. Detta förutsätter att systemet har fått kännedom om den planerade rutten i form av givna positioner där fartyget skall ändra fart, gira, passa in tidvattnen eller vara framme vid en förutbestämd tid.

---

<sup>1</sup> ETAPILOT CONTROL AB Lennart Ramberg

Förser operatören med nödvändiga uppgifter för att kunna operera fartyget så ekonomiskt som möjligt.

Enligt ett exempel från ETAPILOT CONTROL AB kan bunkerförbrukningen per nautisk mil variera med 15% vid en konstant fart på 17,5 knop beroende på förhållandet mellan propellerns varvtal och dess stigning.

## 4.2 Trimoptimering

Ett fartygs trim, d.v.s. skillnaden i djupgående mellan för och akter på fartyget, kan påverka effektbehovet och därmed bunkerförbrukningen med så mycket som  $\pm 10\%$ . Det är dock inte möjligt att generellt rekommendera ett visst, optimalt trim, därför att det är en stor mängd beroenden/faktorer inblandade. Dessa kan samverka eller motverka varandra med ett mycket oregelbundet resultat

För en given skrovform påverkas effektbehovet av fart, djupgående och trim. Även en liten förändring av en enstaka faktor kan ge stora effekter. Vid prov har man visat att ett visst skrov vid 12 knop inte påverkas alls, effektbehovsmässigt, av ett förligt trim på en meter jämfört med jämn köl (inget trim). Med samma skrov och trim vid 14 knop minskar effektbehovet däremot med över 10 %. En annan skrovform visar på en motsvarande besparing vid 12 knop, men ingen alls vid 14 knop (Dyrhaug, Gulbrandsen, 1995).

För att utröna trimmets påverkan på effektbehovet för ett givet skrov är man således tvungen att utföra ett stort antal prover, antingen i fullskala eller som modellprover. I praktiken kan man dock, för många fartyg, begränsa antalet kombinationer och utföra praktiska prov. Med hänsyn till oregelbundenheten i sambanden är det dock inte tillrådligt att extrapolera (och knappt interpolera) erhållna resultat. Med tanke på trimmets stora påverkan förefaller det dock vara mödan värt att utföra prover för åtminstone vissa normalkonitioner.

## 4.3 Last eller bunkerolja?

Ett klassiskt samband existerar mellan kvantitet bunker ombord och "tillgänglig lastdödsvikt" eller deadweight cargo capacity (dwcc). Ju mer bunker ett fartyg har ombord, desto mindre last kan det ta. Detta är ett allmänt känt förhållande som medräknas i fraktkalkyler för tank- och bulkfartyg, där vikten är gränssättande för lastintaget. Detta görs, i

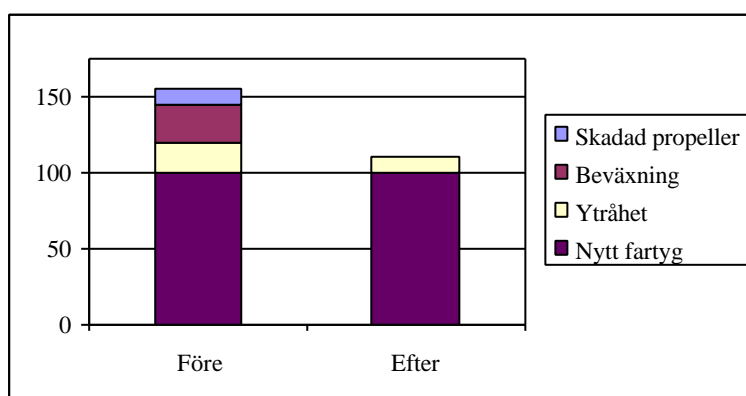
princip, genom att väga fraktintäkten per ton mot skillnaden i bunkerpris i lastnings- respektive lossningshamnen.

Vissa fartyg kan ha ett sådant bunkertanksarrangemang att detta ger ett akterligt trim vid full bunker, vilket gör att fartyget tidigare kommer ner på maximalt djupgående vid lastning. Det akterliga trimmet kan behöva trimmas bort med förlig barlast, vilket ytterligare reducerar det maximala lastintaget (Cockett, 1997).

#### 4.4 Ytråhet på skrov och propeller

Ett fartygsskrov har inte ens vid leveransen en helt slät yta på undervattensdelen. Exempelvis svetsar kan ge en ojämnhet i ytan eller ytråhet. Med tilltagande ålder ökar ytråheten beroende på bl.a. korrosion, ojämna färglager och intryckningar mellan spant och vägare. Denna ytråhet har stor påverkan på effektbehovet.

Vid fältprov utförda 1985 på torrlastfartyget M/S Stellan, 950 DWT, byggd 1955, uppmättes en bunkerförbrukning som var 55% högre än för motsvarande nybyggt fartyg. Vid en påföljande dockning konstaterades att skrovet var kraftigt beväxt. Skrovets ytråhet uppmättes till i medeltal 0,5 mm, jämfört med 0,15 mm för ett nybyggt fartyg. Dessutom var propellerns ytråhet 0,4 mm jämfört med 0,03 mm för en ny propeller. Dessa tre faktorer beräknades öka bunkerförbrukningen med 25, 20 respektive 10% jämfört med ett nytt fartyg.



Figur 10: Fördelning av bunkerförbrukningen före resp. efter bottenrening och propellerbyte på M/S Stellan

Vid dockningen byttes propellern ut mot en ny och fartygets botten rengjordes och målades. Vid förnyade provturer kunde konstateras att ytråhetens inverkan på bunkerförbrukningen minskat från 20 till 10%. Övriga faktorer hade eliminerats helt.

Sammantaget hade åtgärderna vid dockningen reducerat överförbrukningen av bunker från 55 till 10%. Om man bortser från rengöringen från bevaxning minskade man ändå överförbrukningen med 20% (Williams, 1985).

Fullskaleprov som Norsk Skibforskningsinstitut, NSFI, gjort på ett tankfartyg på 35.000 DWT visar att en dockning med sandblästring och bottenmålning minskar ytråheten från 0,75 till 0,27 mm. Effektbehovet vid 14 knop minskade från 8.400 till 6.300 hk. Detta innebär en minskning med 25%. Man nämner särskilt att fartyget vid indockningen var helt fritt från bevaxning (Rinvoll, 1991)

En annan undersökning gjord vid NSFI visade att den genomsnittliga ytråheten på ett nyblästrat, grundmålat och bottenmålat fartyg var 0,075 mm medan ett annat fartyg som genomgått exakt samma underhåll, med samma färgsystem erhållit en ytråhet på 0,186 mm. Skillnaden tillskrevs målningstekniken. Beräkningar gjorda på mätresultatet visade att, om de hade varit systerfartyg skulle fartyget med högre ytråhet ha förbrukat 22,2 ton bunker jämfört med 20 ton för det slätare fartyget, vid samma fart. Med 300 dagars gångtid per år och ett bunkerpris på USD 70 blir skillnaden USD 46.200. Rapporten pekar på vikten av kontroll av resultatet efter en bottenmålning (Rinvoll, 1991).

## 4.5 Sludge

Vid användande av tyngre oljor måste man rena oljan från sediment och vatten i en separator. Det man separerar bort benämns Sludge Oil eller sludge och lagras i en särskild tank ombord tills man får tillfälle att pumpa iland det. Mängden sludge som bildas är en funktion av oljans kvalitet, ju tyngre och mer förorenad olja, desto mer sludge. Som en tumregel kan man säga att 2% av bunkerförbrukningen avgår som sludge, vid utnyttjande av IFO 180 eller tyngre oljor.

Vid utnyttjande av MDO uppstår en försumbar mängd sludge. Dock får man alltid räkna med en viss mängd från separeringen av maskinriets smörjoljor.

Kostnaden för att pumpa iland sludge är olika i olika länder. I Sverige tar alla hamnar emot utan kostnad, i enlighet med Sveriges åtagande

enligt MARPOL<sup>1</sup>. I många andra länder tas sludge endast emot mot ersättning. I Tyskland kan det exempelvis kosta cirka 1 kr/liter.

## 4.6 Axelgenerator

En axelgenerator är en generator som drivs av fartygets framdrivningsmaskineri och är antingen kopplad direkt till propelleraxeln eller kopplad till maskineriet via en växel. För att en axelgenerator ska fungera tillfredsställande krävs normalt att varvtalet hålls konstant. För att kunna hålla konstant varvtal under manövrering krävs att fartyget är utrustat med ställbar propeller. Även om fartyget är utrustat med ställbar propeller så kan det uppstå problem med att hålla varvtalet på maskinen tillräckligt stabilt vid exempelvis dåligt väder.

För att slippa problem med varierad frekvens vid manövrering och dåligt väder så kan man installera ett axelgeneratorsystem som inte är beroende av om maskinens varvtal är stabilt. Ett sådant system fungerar genom att en generator producerar växelspanning som sedan omvandlas till likspänning som sedan åter igen omvandlas till växelspanning som användas för strömförsörjning ombord.

Vid utnyttjande av axelgenerator under sjöresor produceras effekten av huvudmaskineriet som har en högre verkningsgrad och ofta drivs med ett billigare bränsle än hjälpmaskineriet. Underhållskostnaden för hjälpmaskineriet minskar på grund av minskad gångtid. Se nedanstående exempel:

Ett fartyg med en huvudmaskin av typ B&W L80MC med en specifik bränsleförbrukning på 162 g/kWh och flera B&W 6L+V28/32A med en specifik bränsleförbrukning på 192 g/kWh som hjälpmaskineri ger följande kalkyl:

	Hjälpmotor	Axelgenerator
Specifik bunkerförbrukning g/kWh	162	192
Bunkerpris USD	120	73
Kostnad för att producera ex.vis 23.000 kWh i USD	530	272

Detta visar att det är ungefär 50% billigare att producera elkraften med hjälp av axelgenerator.

När man parallellkör en axelgenerator och en hjälpmotor uppnår man dubbel säkerhet i exempelvis trånga farvatten, förutsatt att fartygets

---

<sup>1</sup> International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

hela effektbehov kan täckas av antingen axelgeneratoren eller hjälpmotorn. Den ökade säkerheten beror på att hjälpmotor och huvudmotor i många fall har separata hjälpsystem såsom exempelvis bränslesystem. Om något av dessa system skulle falla är ändå fartygets hela elkraftbehov täckt av den andra generatoren.

Installationen av ett axelgeneratorsystem är dyrare än vanliga generatorarrangemang och dessutom minskas den axeffekt som fartyget kan utnyttja för framdrivning.

## 4.7 Underhållskostnader som funktion av bunkerqualität

### 4.7.1 Allmänt

Man kan kalkylera med att underhållskostnaden för ett fartygsmaskineri minskar med ca 30-40% vid drift med MDO istället för HFO. Detta innebär nästan 100.000 USD/ år för ett fartygsmaskineri på 14.000 kW (Nurmi, 1998). En norsk undersökning anger att 20-30% mer arbetstid krävs för underhåll av maskineri och kringutrustning vid HFO-drift jämfört med MDO-drift (Fiskaa, Rothaug, 1980).

En förutsättning för att fullt ut kunna dra nytta av de lägre underhållskostnaderna vid MDO-drift är att man, redan på konstruktionsstadiet, anpassar maskineriet, bl.a. med avseende på cylinderdiameter (se nedan).

I dag byggs det allt fler fartyg med så kallade dieselelektriska<sup>1</sup> arrangemang. Vid jämförelse av underhållskostnaden för ett dieselelektriskt maskineri som drivs med MDO, med ett maskineri drivet med HFO, är inte besparingen så stor som vid jämförelse av dieselmekaniska maskinerier. Detta beror på att slitaget på en motor som går på HFO minskar när man kör motorn på en jämn och hög belastning, vilket blir fallet vid ett dieselelektriskt arrangemang. Besparingen blir därmed cirka 20% vilket ändå får anses vara en hel del (Nurmi, 1998).

### 4.7.2 Cylinderstorlek

Vid val av maskineri är det viktigt att maskiner som skall drivas med HFO har större cylinderdiameter än maskiner som ska drivas med

---

<sup>1</sup> Dieselelektrisk drift av fartyg, är fartyg som har en elektrisk motor som framdrivnings maskineri. Effekt till motorn produceras av ett antal mindre dieselmotorer via generatorer.

MDO. När motortillverkare jämför förväntade underhållskostnader för olika maskiner, lämpade att utföra samma arbete, har ungefär samma effektuttag och som skall drivas med HFO, kan en empirisk formel användas:

$$\text{Underhållet} = \text{antal cylindrar} * \text{cylinderdiameter} * \text{effektiva medeltrycket} * \text{kolvhastighet}$$

Denna formel ger en indikation på att en mindre cylinderdiameter, 320mm i stället för 400-500mm, ökar underhållskostnaden med 20-30%. Detta gör att för ett fartygsmaskineri som skall drivas med HFO är det fördelaktigt att välja maskiner med större cylinderdiameter och färre cylindrar.

För att åskådliggöra detta visas här ett exempel där vi jämför tre olika Wärtsilämaskiner för att se vilken maskin som får det största slitaget och därmed de dyraste underhållet. Detta visar att den 12-cylindriga motorn är den dyraste ur underhålls synpunkt.

Motortyp/effekt	Antal cyl.	Cyl.dia.	Medeltryck	Kolvhast.	Σ
12V32 på 4.860 kW	12	320	24	8,4	774.144
8L38 på 5.280 kW	8	380	24,5	9,5	707.560
6L38 på 3.960 kW	6	380	24,5	9,5	530.670

Tabell 3: Exempel på tillämpning av den empiriska formeln för underhållskostnad

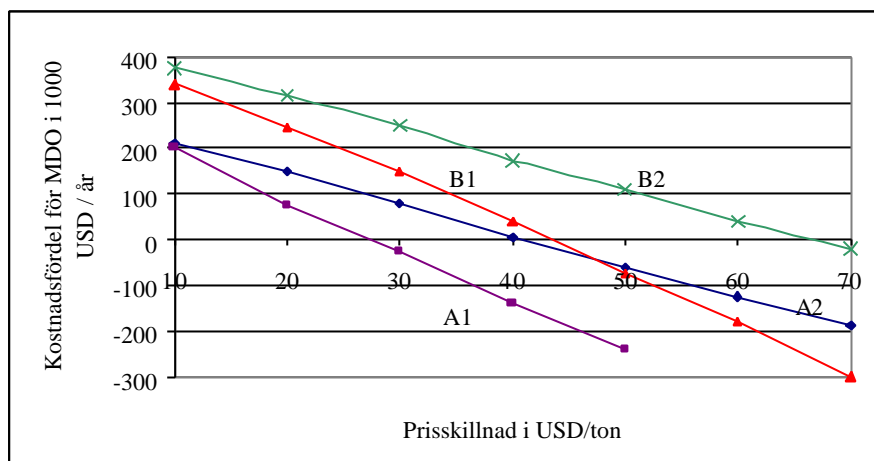
Vid MDO-drift får man ett lägre underhåll, som dessutom inte är lika beroende av cylinderdiameter och antal cylindrar. Alltså kan man välja en maskin med mindre cylinderdiameter och fler cylindrar och dra nytta av det cirka 30% lägre inköpspriset. Kostnaden för kringutrustning minskar också på grund av att man väljer MDO i stället för HFO (Nurmi, 1998).

#### 4.7.3 En fallstudie

Följande exempel ger en bild av hur det kan bli vid jämförelse av totalkostnaden för ett rorofartyg med dieselelektriskt maskineri som drivs antingen med MDO eller med HFO.

	Huvudmotor	Hjälpmotorer
Förbrukning till sjöss	12.500 kW	800 kW
Förbrukning vid manövrering	4.000 kW	1.500 kW
Förbrukning i hamn	0 kW	1.000 kW





Figur 11: Kostnadsfördel vid MDO-drift som en funktion av prisskillnaden mellan MDO och HFO

Fartyget har i denna studie två fall som operationsprofiler, antingen 60% av fartygets tid till sjöss (A1 och B1) eller 60% av fartygets tid i hamn (A2 och B2).

A1 och A2 är anpassade för MDO-drift endast genom insparande av den kringutrustning som skulle krävs för HFO-drift. Det framgår att om fartyget ligger 60% av tiden i hamn (A2), så kan MDO vara 40 USD/ton dyrare än HFO och totalkostnaden blir ändå densamma. Skulle däremot fartyget vara 60% till sjöss skulle den tillåtna prisskillnaden minska till 28 USD/ton (A1).

I B1 och B2 anpassar man även motorns cylinderstorlek för att passa valet av bränsle (MDO) bättre. Detta innebär att maskinerna får en cylinderdiameter på 320 mm i stället för 480 mm, vilket ger ett helt annat resultat. Det framgår att om fartyget ligger 60% av tiden i hamn (B2) så kan MDO vara 70 USD/ton dyrare än HFO och ändå blir totalkostnaden densamma. När fartyget är 60% till sjöss (B1) så skulle den tillåtna prisskillnaden minska till att bli 45 USD/ton.

Fartyget med anpassat maskineri, B, håller sig väl inom den besparingsnivå som krävs för att motsvara skillnaden i pris mellan HFO och MDO, med tanke på att den historiskt sett legat på 60-80 USD/ton.

Ytterligare faktorer kan påverka den tillåtna prisskillnaden mellan bränslena:

- Fartyget kan bli pålagt olika typer av miljöavgifter kopplat till avgasutsläpp.
- Lokala prisvariationer på bunker i det område fartyget opererar.

## 4.8 Kostnadsjämförelse mellan olika bränslen, en fallstudie

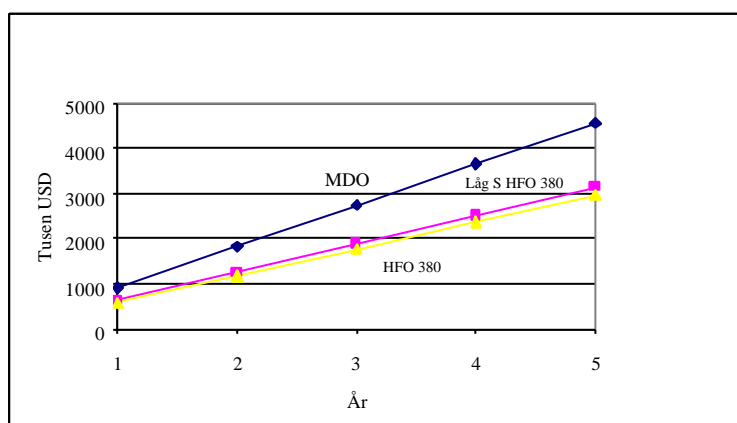
I följande exempel vill vi ge en bild av hur den svenska svavelreduktionsrabatten på farledsavgiften påverkar bunkerkostnaden för ett fartyg. I exemplet visas kostnaden i tre olika fall, d.v.s. drift med MDO, HFO eller lågsvavlig HFO.

Ett tankfartyg på 81.000 DWT, 45.100 BRT har ett huvudmaskineri på 9.000 kW. Fartyget gör 56 resor på ett år varav 12 resor på svenska hamnar. Fartyget förbrukar 8.100 ton bunker på ett år.

I exemplet reduceras bunkerkostnaden för den lågsvavliga HFO 380 (Låg S HFO 380) och MDO med svavelreduktionsrabatten på 90 öre/-BRT, som erhålls vid varje anlop av svensk hamn. Detta innebär en sammanlagd rabatt på USD 59.406/år om fartyget anlöper svensk hamn 12 gånger under ett år och dollarkursen är 8,20 kr. Som tabell 4 visar erhålls den lägsta kostnaden med HFO 380. Svavelreduktionsrabatten är inte tillräcklig för att väga upp merkostnaderna för vare sig MDO eller lågsvavlig HFO 380.

Bunkerqualität	MDO	HFO 380	Låg S HFO 380
Pris i USD/ton	120	73	85
Årskonsumtion i ton	8.100	8.100	8.100
Bunkerkostnad/år	972.000	591.300	688.500
Svavelreduktionsrabatt	-59.406	0	-59.406
Kostnad /år USD	912.594	591.300	629.094

Tabell 4: Nettoeffekt vid användande av olika bränslen vid anlop av svensk hamn.



Figur 12: Bunkerkostnad under fem år för olika bränslen

## 5 Några alternativa bränslen

### 5.1 Volatile Organic Compounds<sup>1</sup>

Norska Statoil och den danska maskintillverkaren MAN B&W har under 1999 påbörjat ett försök som kan få stort intresse. Försökets syfte är att visa om det är praktiskt möjligt att utnyttja de gaser innehållande flyktiga kolväten (Volatile Organic Compounds, VOC) som uppstår vid lastning av en råoljetanker, till framdrivningsmaskineriet. Ett av Statoils tankfartyg, Navion Viking, ska konverteras för framdrift på dessa gaser. Fartyget går som shuttletanker mellan Statfjordfältet och Rotterdam.

Bakgrunden till försöket är dels en strävan att, av miljöskäl, reducera utsläppen av VOC, dels en önskan att utnyttja energiinnehållet i dessa gaser för att spara bränsle i tankfartyg. Den successiva utvecklingen av fartygsmaskiner har efterhand möjliggjort drift på bränslen med andra egenskaper än de traditionella bunkeroljorna har.

VOC innehåller en rad olika kolväten, såsom metan, etan, propan, butan och pentan. Sammansättningen av de gasblandningar som uppstår vid lastning av olika råoljor från olika oljefält varierar. Kvoten VOC/inertgas<sup>2</sup> varierar även under lastningstiden från cirka 20 till 70%.

Det kompletta systemet omfattar följande processer:

INSAMLING, RENING OCH KONDENSERING. Ett rörsystem anordnas från lasttankarna till en anläggning som, dels renar gasen från partiklar, såsom rost, dels kondenserar de insamlade gaserna. I denna process skiljer man bort inertgas och de allra flyktigaste komponenterna.

LAGRING. Gaskondensatet pumpas vidare till en tank, vars utförande beror på mängden gas som ska lagras. Vid volymer under 300 m<sup>3</sup> lagras kondensatet under tryck, 10-15 bar. Vid större volymer används en kyld tank utan övertryck.

FÖRVÄRMNING, INSPRUTNING OCH FÖRBRÄNNING. När VOC ska utnyttjas som bränsle pumpas det fram med matarpumpar genom ett

---

<sup>1</sup> MAN B&W, 1999

<sup>2</sup> Den icke-brännbara skyddsgas med vilken lasttankarna är fyllda för att förhindra explosion

system med mantlade ventilerade rör. VOC förvärms för att förhindra isbildning och sprutas in i cylindern genom en egen insprutningsventil, samtidigt med en mindre mängd (10%) vanligt bränsle. Detta bränsle används för att styra förbränningsprocessen, med hänsyn till VOC:s varierande sammansättning. Vid ett eventuellt bortfall av VOC-tillförseln går maskinen automatiskt över till drift på normalt bränsle (HFO).

### 5.1.1 Ekonomiska effekter

Utnyttjandepotentialen hos ett VOC-system beror i första hand på hur ofta fartyget lastar, men även på VOC:s sammansättning vid respektive oljefält. För en shuttle-tanker i fart mellan Nordsjöfält och lossningshamnar i Nordeuropa kan man minska bunkerförbrukningen med närmare 90% om axelgenerator utnyttjas. Förutsatt att VOC tillhandahålls utan kostnad, kan man här göra avsevärda besparingar.

Investeringskostnaden för ett komplett VOC-system ligger mellan 5 och 10 miljoner USD, bl.a. beroende på om det rör sig om en konvertering eller ett nybygge och om kostnaden för axelgenerator ska medräknas. Investeringskostnaden och det rådande bunkerpriset är de viktigaste faktorerna för att beräkna återbetalningstiden. För en shuttle-tanker med en investeringskostnad för VOC-systemet på 5,6 miljoner USD och ett bunkerpris på USD 70/ton är återbetalningstiden ungefär 5 år. Skulle bunkerpriset stiga till USD 100/ton sjunker återbetalningstiden till 3,6 år.

För en VLCC med dess annorlunda utnyttjande förändras kalkylen till det sämre, beroende på att det blir färre lastningar och därmed färre tillfällen att tillvarata VOC.

### 5.1.2 Miljöeffekter

- Utsläppen av VOC vid lastning minskar med 90%
- Utsläppen av SO<sub>x</sub> minskar proportionellt med reduceringen av bunkerförbrukningen, med cirka 90%
- Utsläppen av partiklar minskar med 90%
- Utsläppen av NO<sub>x</sub> minskar med 20-30%
- Utsläppen av CO<sub>2</sub> minskar marginellt

## 5.2 Orimulsion

Orimulsion är ett handelsnamn på en emulsion mellan bitumen och vatten. Det är ett tillverkat bränsle som är ett sätt att utnyttja stora bitumenreserver i närheten av Orinocofloden i Venezuela. Orimulsion är i många avseenden att betrakta som en tung "återstodsolja". Den används vid värmekraftverk som bränsle till ångproduktion, men går även att utnyttja i dieselmotorer under vissa förutsättningar.

MAN B&W har gjort prover med Orimulsion som bränsle till lågvarviga dieselmotorer. Proverna visar dels problem med reningen av bränslet, eftersom man inte kan köra det igenom en separator (emulsionen kommer att brytas), dels att problem uppstår vid insprutningsventilen, då man inte kan värma orimulsion till mer än 70°C på grund av dess vatteninnehåll och att viskositeten därför blir hög. Bränslet ger också stort slitage, ungefär tio gånger så stort, på cylinder och kolvringar som med normalt bränsle. Förbränningsmässigt fungerar dock orimulsion som bränsle i en dieselmotor (MAN B&W, 1999).

## 6 Miljöaspekter

### 6.1 Allmänt

Sjöfarten kan beskrivas som unik bland transportslagen: den kräver inte någon utbyggd infrastruktur, den kan snabbt ändra sitt distributionsnät och kan verka över stora områden. Idag specialbyggs i många fall fartyget för att vara anpassat för den typ av transporter som fartyget ska utföra. På detta sätt kan man lättare optimera fartyget i flera hänseenden, både ur ekonomisk och miljömässig aspekt. Detta medför också att det är mycket svårt att generalisera energiförbrukningen eller föroreningar via utsläpp därför att varje typ av "fartygsindivid" måste beaktas separat. Som regel kan man dock säga att större fartyg har lägre energiförbrukning och mindre utsläpp per ton transporterat gods än mindre fartyg och att tankfartyg ligger lägre än bulkfartyg som ligger lägre än rorofartyg. Dessa förhållanden styrs, förutom av storleken på fartyget, av fartygsdesignen, hur man utnyttjar fartyget och vilken fart det går med.

#### 6.1.1 Olika åtgärder

Genom olika åtgärder kan man minska en del av utsläppen som sjöfarten står för. Framdrivningsmaskinerierna består idag nästan uteslutande av dieselmaskiner som i allmänhet är energieffektiva och har en bra bränsleekonomi. Detta ger låga utsläpp av föroreningar som kolväten och kolmonoxid, medan den effektiva förbränningsprocessen och höga temperaturer ger höga halter av kväveoxid.

Det är mycket svårt att minska bildningen av kväveoxid utan att samtidigt behöva öka bränsleförbrukningen och därmed öka utsläppen av andra föroreningar. Bildningen av koldioxid och svaveldioxid bestäms av bränslet och är oberoende av förbränningsprocessen. Svaveldioxidutsläpp kan lätt minskas genom att man använder lågsvavliga bränslen. Det är däremot svårare att åtgärda koldioxidutsläppen då det inte finns något bra alternativ till oljan. Koldioxidutsläppen kan därför bara reduceras genom en bra bränsleekonomi.

De åtgärder som idag kan användas för att reducera emissionerna från fartygen kan indelas i fyra kategorier: motortekniska åtgärder, bränsletekniska åtgärder, andra tekniska åtgärder samt efterbehandling.

MOTORTEKNISKA ÅTGÄRDER innebär att man förändrar vissa delar i maskinen som har med förbränningen att göra för att minska bildningen av kväveoxider:

- Senarelagd bränsleinsprutning
- Förinsprutning av bränslet
- Ökad finfördelning av bränslet
- Vatteninsprutning

BRÄNSLETEKNISKA ÅTGÄRDER innebär att man påverkar eller förändrar bränslet på ett sätt som minskar avgaserna:

- Ändrad bränslekvalitet
- Alternativa bränslen
- Vattenemulsion i bränslet
- Tillsatser i bränslet

ANDRA TEKNISKA ÅTGÄRDER kan vara att förbättra fartygets bränsleekonomi utan att ändra förbränningsprocessen, sådana åtgärder kan t.ex. vara:

- Förbättrad skrovform
- Bättre propelleranpassning
- Sänkt fart genom ruttplanering

EFTERBEHANDLING betyder att man åtgärdar avgaserna efter förbränningen utan att påverka själva bildandet av oönskade ämnen. Detta kan t.ex. vara att rena avgaserna med en katalysator.

### 6.1.2 Katalysator

Den grundläggande funktionen för en katalysator är att påskynda en process eller en kemisk reaktion. Metoden som används för att rena avgaser från fartygsmaskinerier kallas för Selective Catalytic Reduction, SCR. Den renar avgaserna från i första hand kväveoxider,  $\text{NO}_x$ . De omvandlas i katalysatorn till kväve och vatten. Även utsläppen av kolmonoxid, kolväten och partiklar reduceras till en viss del.

Funktionen i en katalysator bygger på att man låter kväveoxiderna från avgaserna reagera med de platinaplattor som finns i katalysatorn

tillsammans med urea som är löst i en vattenblandning som sprutas in. Kväveoxiderna reagerar och bildar istället för det skadliga NO<sub>x</sub> rent kväve, N, och vattenånga, H<sub>2</sub>O.

Ett försök som har gjorts i Norge i samarbete mellan Vegdirektoratet, Sjöfartsdirektoratet, och Norsk Hydro på en vägfärja, M/S Hertig Skule, visade att det var möjligt att reducera utsläppen av NO<sub>x</sub> kraftigt med katalysator. "Hertig Skule" skulle normalt släppa ut 60.000 kg NO<sub>x</sub>/år men efter installation av en SCR-anläggning reducerades utsläppen med 90%, till cirka 6.000 kg NO<sub>x</sub>/år (Pressemeldinger 16 december 1998, SFT, Norge).

Vid en installation av en katalysator på ett svensktflaggat fartyg kan Sjöfartsverket betala tillbaka en del av kostnaderna för investeringen via en restitution<sup>1</sup> av farledsavgifterna.

Maximal restitution från Sjöfartsverket utgår med 40% av kostnaderna för katalysatorn och installationskostnaderna, om den installeras och godkänns före år 2000. Därefter kommer Sjöfartsverket att sänka restitutionen till 30%.

Restitutionen utgår för erlagda avgifter för fartyget under det år som anläggningen godkänns av Sjöfartsverket och de därpå följande fyra åren. Restitutionsbeloppet grundas på de styrkta kostnaderna, dock finns begränsningen 550 tkr/MW på nybyggda fartyg utan effektgräns och för redan existerande fartyg med en installerad maskineffekt på lägst åtta MW.

För fartyg som redan är byggda men med en lägre maskineffekt än åtta MW utgår restitution med maximalt 600.000 kronor.

Sjöfartsverket kan efter ansökan medge förlängd tid för återbetalning av restitutionen till dess att maximalt belopp har utbetalats, enligt de begränsningar som finns ovan (SJÖFS 1997:27, 9§).

---

<sup>1</sup> Återbetalning



## Selective Catalytic Reduction, SCR

<b>Installationskostnader</b>		<b>tkr</b>	
Offert MAK <i>SCR-unit</i>			3.476
Offert MAK <i>Backpressure unit</i>			202
Offert MAK <i>Engineering and commissioning</i>			572
Offert installation varv			2.400
Offert tank för Urea			100
Restitution Sjöfartsverket 40% av 550 tkr/MW <sup>1</sup>			-1.782
<b>Summa</b>			<b>4968</b>

<b>Årlig kostnad</b>	<b>Antal år</b>	<b>tkr/år</b>	
Avskrivning	10		497
<b>Räntekostnader</b>	<b>Räntesats</b>		
	7,00%		174
<b>Drift och underhållskostnader</b>	<b>förbr. l/år</b>	<b>kr/l</b>	
Urea 40%, 30620 liter x 34 rundresor	1.100.000	1	1.100
	<b>Kostnad tkr</b>	<b>livstid år</b>	
Katalysatorplattor	936	3-5	200
Övrigt			20
<b>Reducerad farledsavgift</b>	<b>kr/BRT</b>	<b>BRT</b>	
Farledsavgift 4,10-2,50 kr/BRT max 12 anlöp/år vid max 6% NOx/kWh	1,60	18.265	-351
<b>Summa</b>			<b>1.640</b>

Tabell 5: Investeringskalkyl för en SCR-anläggning till ett fartyg på 9.589 DWT, maskineffekt 8,1 MW, 18.625 BRT.

Investeringskalkylen ovan visar en årlig merkostnad för ett fartyg av denna storlek på SEK 1.640.000. Restitutionen på investeringskostnaden och den reducering som ges på farledsavgifter är alltså inte tillräckligt stor för att en åtgärd som denna skulle vara kostnadsneutral.

## 6.2 Wallenius

Som ett led i sin miljöpolicy driver Wallenius sedan en tid ett av sina fartyg, M/S Turandot, med en speciellt lågsvavlig olja av Marine Diesel Oil-typ. Oljan tillverkas endast vid Shells raffinaderi i Göteborg och har beteckningen WRD. Den har en svavelhalt på 0,1% att jämföra med ISO-kravet på Marine Diesel Oil, DMB, < 2,0%.

<sup>1</sup> Denna restitution avser ett maskineri på 8,1 MW. 8,1 MW x 550 tkr x 40% = 1.782.000 kr. Detta belopp betalas tillbaka under 5 år, dock ej mer än vad som inbetalas i farledsavgifter. Beräknad kostnad för farledsavgifter under 5 år 2,50 kr x 18.265 BRT x 12 anlöp x 5 år = 2.739.750 kr

Studier pågår för att utvärdera merkostnader för bränslet och minskade underhållskostnader.

Wallenius är det första rederiet i Sverige som har fått ISO 14000-certifikat, där de bl.a. förbinder sig att under en 5-årsperiod successivt använda sig av mer och mer lågsvavliga bunkeroljor (Karlsson, 1999).

### 6.3 Farledsrabatter

Sverige är det första landet i världen som har beslutat att införa miljöanpassade farledsavgifter för fartyg. Bakgrunden till detta är att Sjöfartsverket, Sveriges Redareförening och Sveriges Hamn- och Stuveriförbund träffade en principöverenskommelse om att sätta in kraftfulla åtgärder för att minska på sjöfartens luftföroreningar, främst av kväve och svaveloxidutsläpp. Som mål angav parterna att dessa utsläpp skall minska med 75% till i början av 2000-talet (Sjöfartsverket, 1997).

För att nå detta mål enades parterna om att införa miljödifferentierade farleds- och hamnavgifter. Sådana differentierade avgifter är avsedda att stimulera färjetrafik och annan mer frekvent sjötrafik till/från Sverige, oberoende av flagg, att vidta miljöförbättrande åtgärder i form av katalytisk avgasrening samt att öka användningen av lågsvavlig bunkerolja. Riksdagen beslutade i november 1997 om en ny förordning om farledsavgift. Den EU-anpassade och miljödifferentierade avgiften trädde i kraft den 1 januari 1998 (SJÖFS 1997:27).

#### 6.3.1 Den nya farledsavgiften

Den nya farledsavgiften är tvådelad där den ena delen baseras på fartygets bruttodräktighet (BRT) och den andra beräknas på den mängd gods som fartyget lastar eller lossar. Den delen som baseras på fartygets BRT är miljödifferentierad med hänsyn till fartygets utsläpp av kväveoxider och svavel. Avgiften tas ut maximalt 12 gånger per kalenderår för ett lastfartyg och 18 gånger per kalenderår för ett passagerarfartyg. Avgiften är i sin tur delad i två delar där den ena delen har en rabatt vid bruk av lågsvavlig olja och den andra delen är en avgift som baseras på hur mycket kväve,  $\text{NO}_x/\text{kWh}$ , som fartyget släpper ut. (se tabell 6)

### 6.3.2 Villkor för kvävereduktionsrabatt

De system eller metoder som fartyget kontinuerligt använder sig av för att reducera utsläppen av kväveoxider skall verifieras och godtas av Sjöfartsinspektionen. Ett intyg som utfärdas av Sjöfartsverket ska uppge de uppmätta nivåerna av kväveoxider som gram NO<sub>2</sub>/kWh, vid 75% motorbelastning och stabila driftsförhållanden.

Ett ackrediterat kontrollorgan ska utföra mätningarna. Detta ska göras i enlighet med ISO 8178 med avseende på bl.a. testcykel för respektive maskiner samt i överensstämmelse med IMO:s ”Technical Code on Control of Emissions from Marine Diesel Engines” (Marpol Annex VI).

I praktiken innebär detta att endast fartyg med katalysatorrening kan komma i fråga för reduktion av kväveavgiften. I april 1999 finns det 6 fartyg med kvävereduktionsintyg (Karlsson, Sjöfartsverket 1999).

Utsläppsnivå, gram NO <sub>x</sub> /kWh	Avgift, kr/BRT
2	2,80
3	2,96
4	3,12
5	3,28
6	3,44
7	3,60
8	3,76
9	3,92
10	4,08
11	4,24
12	4,40

Tabell 6: Farledsavgift beräknad på fartygets BRT och NO<sub>x</sub>. (Källa: SJÖFS 1997:27)

### 6.3.3 Villkor för svavelreduktionsrabatt

Vid beräkning av farledsavgiften tillkommer svavelavgiften med 90 öre/BRT (SJÖFS 1997:27 8 §). Genom att kontinuerligt använda lågsvavligt bränsle kan denna avgift undvikas. Med lågsvavligt avses i detta sammanhang, för lastfartyg maximalt 1% svavel, och för passagerarfartyg maximalt 0,5% svavel. I ett särskilt intyg förbinder sig redaren/ägaren att endast lågsvavligt bränsle används och lagras i fartygets tankar. Sjöfartsverket får utföra oanmälda stickprover. Sedan rabatten infördes har 5 prover tagits bland de 1174 fartyg som har svavelreduktionsintyg (Karlsson, Sjöfartsverket 1999).

## 7 Diskussion

### 7.1 Inköpsstrategi

Vid inköp av bunkerolja finns det flera viktiga faktorer som går att påverka, det kanske inte märks direkt men i ett långt perspektiv spelar det en stor roll. Om det är möjligt är det ofta att föredra att bedriva ett långsiktigt samarbete med några få leverantörer. Vi har spaltat upp några av de aspekter som vi funnit viktiga och som även med relativt enkla medel går att förändra. Följande punkter är vad vi rekommenderar att en inköpare eller ett rederi har med i sin strategi vid inköp.

**SPECIFICERA NOGGRANNARE ÄN ISO-NORM.** Vid beställning av bunker är det bra att specificera mera än vad ISO-normen kräver. Ange till exempel önskat energiinnehåll och skärp gärna kraven på svavel och vatten.

**JÄMFÖR MELLAN OLIKA LEVERANTÖRER.** Ta in offerter från flera olika leverantörer, jämför dem och kompensera priset med avseende på energiinnehåll. En skillnad på energiinnehållet på 3% skall då medföra samma skillnad i priset. HFO 380 kostar idag, april 1999, cirka USD 70. Det blir då drygt 2 USD/ton.

Varje bunkring är trots surveyors och provtagningar ett visst risktagande med avseende på levererad kvantitet och kvalitet. Beroende på utnyttjade leverantörer varierar risken. Det torde emellertid vara uppenbart att en bunkerstrategi bör innefatta en "White list" över godkända leverantörer. Denna kan antingen vara egen eller komma från någon surveyorservice, såsom FOBAS eller DNV.

**UNDERSÖK MÖJLIGHETEN FÖR STORVOLYMSKONTRAKT.** Man kan ofta förhandla fram bättre villkor om man köper in större partier med bunker under en längre tid. Flera mindre inköpare/rederier kan gå samman för att köpa in tillsammans. Undvik spotmarknad om möjligt.

**STORA BUNKERINKÖP PER GÅNG.** De fartyg som har möjlighet att ta ombord mer bunker än vad resan kräver, bör överväga det. Räntekostnaden för att ha en viss bunkerkvantitet ombord är enligt våra beräkningar i storleksordningen 50 ¢ per ton och månad. Detta ställt i relation till bunkerprisets normala variation inom ett USD 5 till 10-intervall under en månad visar att räntekostnaden är en faktor av underordnad betydelse. Möjligen kan man helt eliminera den genom

det bättre förhandlingsläge man erhåller i och med att man köper upp större kvantiteter vid varje enskilt tillfälle. Räkna man in särkostnaderna för en bunkring med kvalitets- och kvantitetskontroll på USD 900, motsvarar detta räntekostnaden för 1.000 ton bunker under 40 dygn.

Det faktum att räntekostnader för bunkerförråd ombord, även i absoluta termer är en liten kostnad, gör att man inte ska rädas att hålla en ordentlig reserv ombord. Denna kan behöva utnyttjas exempelvis, i avvaktan på svar på bunkeranalys efter bunkring, som reserv för oförutsedd deviation eller i andra situationer där avsaknaden av en reserv också skulle kunna medföra stora kostnader.

FÖRMÅNLIGA KÖPEAVTAL. Att ha en lång leverantörskredit är ett förmånligt sätt att köpa bunkerolja på. I detta fall har man både pengarna kvar i företaget och bunker ombord

RISKHANTERINGSPERSPEKTIVET. Bunkra sällan, då slipper man den ökade riskexponeringen som varje bunkertillfälle skapar. Varje bunkring innebär att överbunkring kan ske, bunkerslangar kan brista osv. Alla bunkringstillfällen medför en oljespillrisk som kan resultera i miljöförstöring, dryga böter och saneringskostnader.

## 7.2 Driftstrategi

Varje rederi bör på ett enkelt sätt informera ombord vad man kan göra för att reducera bunkerkostnaden. Rederiet kan tillsammans med fartygets ledning leta efter möjligheter att spara bunker. Man kan ofta pröva sig fram genom att variera olika driftsfall och se vad som passar fartyget bäst ur bunkerbesparingssynvinkel. En enkel mall kan visa vilken bunkerförbrukning som fartyget normalt har vid olika farter.

De olika medel som finns ombord och går att påverka ur bunker-synpunkt kan till exempel vara trim, displacement och fart

Om man gör samma typ av resor under en längre tid kan man prova att ha lite olika trim vid samma fart. Genom att göra egna ”tester” kan man skaffa sig en uppfattning om hur fartyget ska vara barlastat och trimmat vid olika driftsfall. Att investera i en bränslemätare med en givare i bryggkonsollen är ett utmärkt sätt att snabbt spara bränsle. Det är viktigt att styrmän och befälhavare snabbt kan se vad deras åtgärder ger för resultat.

Som hjälpmedel för att optimera fartygets bränsleförbrukning finns t.ex. ETAPILOT och Seapacer. Dessa kan få fartyget att spara 15% bunker under en resa.

Den beväxning som under ett år uppstår på undervattensdelen sänker farten på ett ro-ro-fartyg på 18.000 DWT från 16 knop till 15 vid oförändrat effektuttag. Om man tillämpar formeln i avsnitt 2.8.3 på det ökade effektuttag som krävs för att bibehålla den ursprungliga farten, och förbrukningen per nautisk mil innan effektökningen är 91 kg/nm får vi följande:

$$\frac{16^2}{15^2} \times 91 = 103$$

Alltså, för att bibehålla farten trots beväxningen får vi en bränsleförbrukning på 103 kg/nm jämfört med 91 kg/nm. Detta är en ökning med 13%. På en resa Luleå-Rotterdam (1.400 nm) ger detta en bränsleförbrukning på 144,2 ton jämfört med 127,4 ton. Omräknat i pengar blir detta, med ett bunkerpris på USD 85/ton, en kostnad på USD 12.257 jämfört med USD 10.830, d.v.s. en kostnadsökning på USD 1.427 för en enkel resa Luleå-Rotterdam. Detta kan ställas mot kostnaden för en bottenrengöring i sjön, USD 4.000.

Alternativet är att godta fartsänkningen med ett oförändrat effektuttag. Resan som skulle tagit 87,5 timmar tar i stället 93,3 timmar. Detta kan synas vara en acceptabel försening, men i en tidtabellsbunden trafik är det knappast godtagbart. Om man accepterat förseningen hade man kunnat minska effektuttaget, om man haft ett rent skrov och i stället gjort en besparing enligt nedan:

$$\frac{15^2}{16^2} \times 91 = 80$$

Bunkerförbrukning efter effektsänkningen blir 80 kg/nm, vilket för hela resan blir 112 ton till en kostnad av USD 9.520. Små tidsvinster eller -förluster ger alltså stor påverkan på effektbehovet och bunkerförbrukningen.

Försöken med M/S Stellan visar också vikten av att ha en ren botten med liten ytråhet och en polerad propeller. Beräkningarna som gjordes visade att beväxning orsakade en ökning av bunkerförbrukningen med

25%, ytråhet på skrovet orsakade en ökning med 20% och ytråhet på propellern en ökning med 10%.

De norska mätningarna av ytråhet på nymålade fartyg visar att betydande skillnader kan uppstå mellan olika fartyg, trots samma specifikationer och färgsystem. Detta problem förefaller svårlöst, men noggranna specifikationer och inspektioner under målning borde vara en framkomlig väg.

Saléns var ett rederi som arbetade aktivt för att sänka sina bunkerkostnader. Detta gjorde man bl.a. genom att jämföra ett fartygs aktuella bunkerförbrukning med en teoretisk, optimal, bunkerförbrukning för fartyget. Detta gjordes kontinuerligt och man erhöll en kurva med fartygets kvalitetstal som en kvot mellan den faktiska förbrukningen och den teoretiska, över tiden. Detta arbetssätt medger en tydlig uppföljning av fartyget prestanda i detta avseende och ger goda indikationer om det skulle krävas åtgärder i form av bottenrengöring eller maskinunderhåll (Jansson, 1982).

Att välja optimal bunkerkvalitet är en sammansatt problematik. En lång rad faktorer påverkar kalkylen i olika riktningar:

BUNKERKOSTNADEN är förstas den primära faktorn. Högre viskositet och mera föroreningar ger ett lägre pris/ton. Priset på MDO ligger mellan 45 och 120% högre än HFO 380.

TRADEN är en viktig faktor. Driftsförhållandena skiljer sig väsentligt för exempelvis en tanker som går mellan Persiska viken och Mexikanska gulfen och en shuttle-tanker som går i Nord-Östersjöfart. I det första fallet bör man ur ekonomisk synvinkel välja en bunkerolja som är så billig som möjligt (HFO 380 eller tyngre). Ett sådant fartyg har långa sjöresor och lite tid vid kaj. I fallet med en shuttle-tanker råder helt andra driftsförhållanden. Det fartyget gör korta sjöresor och har därigenom färre driftstimmar på framdrivningsmaskineriet. Om fartyget trafikerar svenska hamnar ofta kan det vara lönsamt att räkna på ett miljövänligare bränsle. Vid användning av ett lågsvavligt bränsle får man i Sverige farledsrabatt. Farledsavgiften och -rabatten är baserad på fartyget bruttodräktighet. Det innebär att en tanker som har stor bruttodräktighet i förhållande till maskineffekt gynnas

SPECIFIKT ENERGIINNEHÅLL skiljer en smula mellan olika kvaliteter. Generellt sett innehåller MDO mindre föroreningar och svavel och, till följd av det, något mer energi. Skillnaden är dock marginell.

UNDERHÅLLSKOSTNADEN påverkas av valet av bunkerqualität. Utvärderingen av Wallenius försök med MDO-drift i M/S Turandot är inte färdig ännu, men erfarenhet talar för en lägre underhålls kostnad, upp till 30-40%, med MDO-drift. Det krävs dock att fartyget från början är byggt för att använda MDO för att man ska kunna dra full nytta av MDO-driftens fördelar. Om man konstruerar ett fartyg för MDO-drift minskas installationskostnaderna för maskineriet. Detta i kombination med minskade underhålls kostnader och eventuella miljö-rabatter kan göra att fartygets totala driftsekonomi blir bättre än vid konventionell HFO-drift.

Sludge produceras i mycket mindre omfattning vid MDO-drift. Förutsatt att ingen kostnad debiteras för ilandpumpning av sludge utgör detta dock inte någon kostnadsfördel för MDO.

Miljörabatter vid hamnanlöp minskar merkostnaden för fartyg med MDO-drift jämfört med HFO-drift.

Sammanfattningsvis finns det vinster att göra i samband med bunkerinköp och -förbrukning. Som vi har visat finns det ett brett spektrum av åtgärder med vilka man kan sänka sina totala kostnader relaterade till bunker. Varje redare är tvungen att noggrant utreda vilka besparingar som kan vara tillämpliga.

För att det överhuvudtaget ska fungera att spara bunker ombord krävs det att alla som arbetar är delaktiga i besparingen. En kedja är inte starkare än dess svagaste länk, det gäller självfallet även i detta sammanhang. Det är en omöjlighet att driva ett fartyg ekonomiskt om inte alla inblandade är överens och har förståelse för hur man ska göra.

### 7.3 Nya frågor

Underhållskostnadens beroende av valet av bränsle är en fråga som behöver utredas närmre. Underlag bör finnas, då flera rederier antingen har bytt bränsle i något av sina fartyg eller under någon tid drivit systemfartyg med olika bränslen.

Vidare vore det intressant att se hur olika typer av rabatter kunde utformas på ett sätt som verkligen ger redaren ersättning för de merkostnader som uppstår vid val av miljövänliga bunkerolja och installation av katalysator. Endast stora rederier har i dag möjlighet att bära dessa kostnader i avvaktan på att en eventuell miljögoodwill ska börja ge avkastning.



## Referenser

Aspendahl, Klas, Bunkeransvarig, Gorthon Line, Intervju 1998-11-11

Bohman, Kalle, 1997. *Driftoptimering av Seapacer*. Göteborg: Stena Line.

Bunkerworld, 1999-04-16. [www.bunkerworld.com](http://www.bunkerworld.com)

Clark, George, 1988. *Industrial and Marine Fuels Reference Book*. London: Butterworth and Co.

*Clarkson Shipping Review & Outlook Autumn 1998*, London: Clarkson Research Studies.

Cockett, Neil, 1997. *Neil Cockett on Bunkers*. London: Lloyd's of London Press Limited.

Concordia Maritime, 1999-03-31. *Our Fleet, Stena King*. [www.concordia-maritime.se/fleet/king](http://www.concordia-maritime.se/fleet/king).

Det Norske Veritas, 1999-05-04. *Effective Fuel Management*. [dnvpetroleum.com/bscie.html](http://dnvpetroleum.com/bscie.html)

Dyne, Gilbert, 1986. *Route-planering*. Svensk Sjöfarts Tidning nr.40.

Dyrhaug, Arnhild och Gulbrandsen, Bjørn, 1995. *Recent Development and Optimization of Ship Performance*. Svensk Sjöfarts Tidning nr. 40, s 126-130.

Eklund, Klas, 1997. *Vår ekonomi*. Stockholm: Rabén Prisma.

Fiskaa, G. och Rothaug, K., 1980. *Bruk av tungolje i stedet for marin diesel som brennstoff i dieselmotorer*. Trondheim: Norsk skipsforskningsinstitutt.

Holmberg, Lars, The Swedish Club, Intervju 1999-02-05.

*Information om ny miljödifferenterad farledsavgift från den 1 januari 1998*. PM från Sjöfartsverket, 1997-12-01.

Jahnke, Ulrich, Kjellstenius, Börje och Olsson Rolf, 1981. *Fartygsteknik*. Stockholm: Liber Hermods.

Jansson, S. A., 1982. *Bunkerbesparing*. Stockholm: Salén Reefer Services AB

Jones, Cletus H, 1986. *Marine Fuels*. Miami: American Society for Testing and Materials.

Karlsson, Björn, Inköpschef, Wallenius Lines, Intervju 1999-02-03.

Karlsson, Pia, Sjöfartsverket, Telefonsamtal 1999-04-15.

Laurence, C.A, 1984. *Vessel Operating Economies*. London: Fairplay Publications Ltd.

MAN B&W, 1999-03-01. [www.manbw.dk](http://www.manbw.dk).

Nurmi, Jari, 1998. *Environmental Aspects – Fuel Emissions*. Schiff & Hafen 10/98, s 146-153.

Rinvoll, Arild, 1991. *Skrogbehandling og maling*. Trondheim: Norsk skipsforskningsinstitutt.

*Svenska Akademiens ordlista*, 1990. Stockholm: Norstedts Förlag.

Trafikverkens miljörapport 1997.

Wiedersheim-Paul, F., & Eriksson, L.T., 1991. *Att utreda, forska och rapportera*. Malmö: Liber-Hermods.

Williams, Åke, 1985. *Energikontroll av två fartyg i närsjöfarten*. Svensk Sjöfarts Tidning nr. 40, s 78-79.

Wimby, Per, Skeppsbyggare vid Stena Bulk. Fax 1999-04-19

Wärtsila NSD, 1999-03-01. *Marine Engine Portfolio*. [www.wartsilansd.com](http://www.wartsilansd.com)