

CHALMERS



En approximativ beräkningsmetod för beräkning av
kostnaden per kilowattimme elenergi

Anpassad för dieselgeneratorer ombord på befintlig fartygsflotta

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

Tomas Johansson

Karl Thelin

Institutionen för sjöfart och marin teknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2014

Rapportnr. Si-14/116

RAPPORTNR. Si-14/116

En approximativ beräkningsmetod för beräkning av
kostnaden per kilowattimme elenergi
Anpassad för dieselgeneratorer ombord på befintlig fartygsflotta

TOMAS JOHANSSON
KARL THELIN

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2014

En approximativ beräkningsmetod för beräkning av kostnaden per kilowattimme elenergi

Anpassad för dieselgeneratorer ombord på befintlig fartygsflotta

An approximate method to calculate the cost per kilowatt hour

Adapted for use on diesel generators onboard an existing fleet

TOMAS JOHANSSON

KARL THELIN

© TOMAS JOHANSSON, 2014.

© KARL THELIN, 2014.

Rapportnr. Si-14/116

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige, 2014

Kostnadsberäkning av elproduktion med dieselgenerator till sjöss

En approximativ beräkningsmetod anpassad för användning ombord på befintlig fartygsflotta

TOMAS JOHANSSON

KARL THELIN

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Sjöfarten är en global marknad som är utsatt för hård konkurrens, och arbetar därmed med små ekonomiska marginaler. Rederier och besättningar behöver ständigt ta beslut som påverkar dem ekonomiskt. Av dessa beslut berörs bland annat elproduktionen och förbrukningen ombord, och kan till exempel handla om huruvida landström bör användas. För att rätt beslut ska fattas krävs att man uppskattar kostnaden korrekt, vilket bör spegla de verkliga förhållandena. Arbetet tar sin avsats i att skapa en approximativ beräkningsmetod för fastställa kostnaden att producera en kWh ombord på fartyg med dieselgenerator. Ambitionen är att beräkningsmetoden ska tillhandahålla ett ekonomiskt verktyg, till rederier och besättningar, som ska hjälpa dem att synliggöra värdet av olika energibesparande åtgärder ombord.

För att ta fram beräkningsmetoden formuleras ett antal frågor som bevaras. Frågorna är bland annat, vad ingår i elproduktionskostnaderna och hur svårbehandlad data hanteras. Utifrån frågeställningarna formas den teoretiska basen som arbetet vilar på. Detta är inte en uppsats som bygger på kvantitativa eller kvalitativa studier utan baseras på en litteraturgenomgång av böcker och vetenskapliga artiklar från en mängd områden. Det som står i fokus är områden som påverkar produktionskostnaden. Samtliga områden som studeras anses påverka produktionskostnaden, på olika sätt. Viss information erhålls genom kontakt med anställda ombord på fartyg och anställda på företag. Informationsunderlaget sammanställs till en beräkningsmetod bestående av sju olika kostnadsmoduler. Målet är att beräkningsmetoden ska vara användbar för besättningar ombord på fartyg, därför läggs stor vikt vid användarvänligheten. Beräkningsmetoden prövas i ett beräkningsexempel där användarvänligheten testas och ett konkret pris på kostnaden för en kWh ombord ett specifikt fartyg erhålls. Priset per kWh i beräkningsexemplet redovisas på sidan 30.

Den approximativa beräkningsmetoden för kostnadsberäkning av elproduktion för dieselgeneratorer är ämnad att användas ombord på befintlig fartygsflotta. Beräkningsmetoden är därmed inte lämplig att använda på landbaserade anläggningar.

Nyckelord: fartyg, kostnadsberäkning, kWh, dieselgenerator, approximativ, beräkningsmetod, modulbaserat, ekonomiskt, verktyg, landanslutning,

Abstract

Shipping is a competitive, global market. Because of this, shipping companies and their crews constantly need to make decisions that affect them economically. These decisions affect areas such as electrical power generation and consumption. More specifically these decisions can be about whether or not to use cold ironing. In order to make an informed decision, a correct estimation of the actual cost of power production is needed. This bachelor thesis, written in Swedish, makes an attempt to create an approximate method to calculate the cost per kWh of electrical power generated onboard with diesel generators. Aiming to give a result that reflects the condition the vessel is operating in. The ambition is that the calculation-method will function as an economical tool for shipping companies and crews, to help them conceptualize the effects of energy savings onboard.

In order to create the calculation-method a series of questions are formulated and thereafter answered. The questions covers areas such as, what costs are included in the power production and how should data that are difficult to calculate be handled, etc. From these questions the theoretical base, which the work is built on, is gathered. This is not a paper that utilizes quantitative or qualitative studies. Instead a comprehensive literature review of books, scientific articles and product guides, spanning a multitude of areas, is used. The main focus is on areas that affect production cost of electricity. Some of the information needed is gathered through contact with employees' of shipping companies and onboard ships. The collected information is compiled to a calculation-method comprised of seven different cost modules. The aim is that the usability of the calculation-method will be such that crews' onboard ship will be able to use it. Therefore great emphasis is placed on the usability of the calculation-method. In an example, the calculation-method and its usability is tested with real data from a specific ship. A result of the cost per kWh electrical energy onboard that ship is attained, and present on page 30.

The calculation method for the cost of producing electricity with diesel generators is meant to be used onboard the existing marine fleet. The calculation method is thus not suitable for use in shore based power plants.

Keywords: ship, kWh, diesel, generator, cost, calculation, method, approximate, economic, tool,

Förord

Författarna tackar Gustav Thelin för att ha ställt upp med assistans genom arbetet och Therese Hellborg för arbetet med illustrationerna. Författarna vill också tacka de klasskamrater som gett feedback på detta arbete, utan vars värderfulla insikter, arbete inte blivit vad är nu.

Ett särskilt stort tack går till vår handledare Mats Jarlros som med sin kunskap, sina kritiska frågor och unika infallsvinkel har varit ett stort stöd under hela arbetet. Vi värdesätter också den snabba återkopplingen via mail och annan kommunikation vi haft med Mats Jarlros.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	ii
Förord	iii
Innehållsförteckning	iv
Figurförteckning	vi
Tabellförteckning	vi
Förkortnings och begrepp förteckning	vii
1 Inledning	1
1.1 Syfte	1
1.2 Frågeställning	1
1.3 Avgränsningar	2
2 Teori	3
2.1 Kostnadsberäkning och befraktning	3
2.1.1 <i>Levelized Cost Of Energy – LCOE</i>	3
2.1.2 <i>Jämförelse av kostnadsberäkning mellan kraftverk och fartyg</i>	4
2.1.3 <i>Befraktning</i>	4
2.2 Förbrukning	6
2.2.1 <i>Ingående kostnader i elproduktionen med dieselgeneratorer till sjöss</i>	6
2.2.2 <i>Kringsystem och dieselgeneratorernas egenförbrukning</i>	7
2.3 Underhållskostnader	8
2.3.1 <i>Underhållsmetoder</i>	8
2.3.2 <i>Arbetskostnader</i>	9
2.4 Avskrivningar	11
3 Metod	13
3.1 Metodbeskrivning	13
3.2 Metod för beräkningsexempel	15
4 Resultat	16
4.1 Kostnader och gränsdragningar	16
4.1.1 <i>Kostnader som ska beräknas</i>	16
4.1.2 <i>Gränsdragningar vid särskiljning av kostnader</i>	17
4.1.3 <i>Driftsdatainsamling</i>	18
4.2 Beräkningsmetoden	18

4.2.1	<i>Beräkning av realproduktionen</i>	19
4.3	Beräkning av enskilda moduler.....	21
4.3.1	<i>Brännoljemodulen</i>	21
4.3.2	<i>Beräkning av smörjoljemodulen</i>	21
4.3.3	<i>Beräkning av sludgemodulen</i>	21
4.3.4	<i>Beräkning av reservdelskostnadsmodulen</i>	22
4.3.5	<i>Beräkning av arbetskostnadsmodulen</i>	23
4.3.6	<i>Beräkning av kapitalkostnadsmodulen</i>	23
4.3.7	<i>Beräkning av modulen för övriga förbrukningskostnader</i>	24
4.4	Svårberäknade delkostnader	24
4.5	Beräkningsexempel	25
4.5.1	<i>Beräkning av den totala kostnaden per kWh</i>	25
5	Diskussion	31
5.1	Metoddiskussion	31
5.2	Resultatdiskussion.....	32
5.2.1	<i>Uppfyllandet av frågeställningen</i>	32
5.2.2	<i>Beräkningsmetoden</i>	33
5.3	Källdiskussion	37
5.3.1	<i>Vetenskapliga texter och litteratur</i>	38
5.3.2	<i>Övriga texter</i>	38
5.3.3	<i>Muntliga källor</i>	38
6	Slutsatser	39
6.1	Förslag på fortsatta arbetsområden.....	39
	Referenser	41
	Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi	47
	Bilaga 2 Data från motortillverkarna	70
	Bilaga 3 Volymkorrektionsfaktorer	77
	Bilaga 4 Beräkningsmetod	79

Figurförteckning

Figur 2.1.3.1	5
Figur 2.2.1.1	6
Figur 2.3.2.1	9
Figur 2.4.1	11
Figur 3.1.1	13
Figur 4.5.1.5.1	30

Tabellförteckning

Tabell 1.12.3	20
Tabell 1.12.4	20
Tabell 4.5.1.2.1	26
Tabell 4.5.1.3.1	26
Tabell 4.5.1.4.1	27
Tabell 4.5.1.4.2	27
Tabell 4.5.1.4.3	28
Tabell 4.5.1.4.4	28
Tabell 4.5.1.4.5	29

Förkortnings och begrepp förteckning

Avhjälpande underhåll	Underhåll som görs efter maskindel gått sönder
Avskrivning.....	Dela upp kostnaden för en produkt över en tid
ASTM tabell.....	Tabell för volymkorrektionsfaktor
Bare Bone Charter.....	Fartygsägare hyr ut fartyg över en avtalad tid
Disponent Owner.....	Står för resekostnader vid Time Charter
EC	Kostnaden per kWh (Energy Cost)
Förebyggande underhåll.....	Underhåll som görs innan maskindel gått sönder
IkWh.....	Egenförbrukningen av elenergi
kW	Kilowatt
kWh.....	Kilowattimme
LCOE	Levelized Cost Of Energy
NkWh	Nominella produktionen av elenergi
PM.....	Reservdelskostnad för planerat underhåll per drifttimme
RkWh	Realproduktionen av elenergi
RT	Antalet timmar dieselgenerator drift i beräkningsperioden
RT _{cp}	Antalet timmar i beräkningsperioden
Ship Manager	Betalar driftskostnader vid Bare Bone Charter
Sveriges Redareföreningen	Branchorganisation för svenska redare
Time Charter	Fartyg och manskap hyrs ut över en avtalad tid
TLCC.....	Total livscykelkostnad (total life cycle cost)
TRT	Antalet drifttimmar på samtliga dieselgeneratorer i beräkningsperioden
UPM	Reservdelskostnad för oplanerat underhåll per drifttimme
VCF	Volymkorrektionsfaktor
Voyage Charter	Fartyg hyrs under en resa mot en avgift i \$/ton last

1 Inledning

Verksamheter har i dag stora krav på sig att ta rätt ekonomiska beslut och ha hög konkurrenskraft. Behovet av jämförbar och pålitlig information ska därmed inte underskattas. För att frambringa informationsunderlaget krävs att verksamheten, på ett korrekt sätt, kan uppskatta och beräkna sina olika kostnader. Behovet av pålitlig information gäller även inom sjöfarten, där frågor har rests angående kostnader för att producera elektrisk kraft ombord.

Att erhålla korrekt och jämförbar kostnad för elproduktionen ombord är värdefullt. Dagens energibesparingsåtgärder behandlar ofta energieffektiviteten, dessa är därför fokuserade på bränsleförbrukningen (Johnson, Johansson, och Andersson 2013). Kostnader som rör produktionen av elenergi, exempelvis reservdelar, arbetstid, smörjolja med mera, berörs sällan. Följden kan bli ett missvisande ekonomiskt underlag och det i sin tur kan innebära felaktiga beslut inom organisationen.

1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att utarbeta en approximativ metod för kostnadsberäkning av elproduktion, med dieselgenerator, ombord på befintlig fartygsflotta. Metoden ska ge ett riktvärde på den genomsnittliga kostnaden, vägt över en tid, per producerad kWh ombord. Målet är att tillhandahålla ett ekonomiskt verktyg för rederier eller besättningar.

Tillämpningsaspekter kan vara energibesparande åtgärder, uppgraderingar och huruvida fartyget ska använda landström.

1.2 Frågeställning

Vilka kostnader ingår i elproduktionen ombord med dieselgenerator, samt hur kan dessa beräknas på ett hanterbart sätt?

Frågan bryts ner i följande underfrågor:

- Vilka kostnader ska inkluderas i beräkningsmetoden?
- Vilka kostnader är att anse som svårberäknad?
- Hur ska svårberäknade kostnader hanteras?
- Hur bör beräkningsmetoden utformas, med avseende på,
 - Användarvänlighet
 - Hantering av ej applicerbar data
 - Beräknings assistans

1.3 Avgränsningar

- Beräkningsmetoden kommer att appliceras på alla befintliga fartyg med dieselgeneratorer som har en effekt mellan 450-12 000 kW.
- Beräkningsmetoden behandlar inte emissionskostnader.

2 Teori

Här ges en introduktion till hur kostnaden per kWh elenergi beräknas för landbaserade kraftverk då olika kraftverkstyper jämförs. Vidare tas avgränsningsproblematiken till sjöss upp. Följt av ett avsnitt om befraktning, som ytterligare problematiserar ämnet. Kapitlet behandlar även vilka kostnader, som kan anses härröra till elproduktion med dieselgeneratorer ombord på fartyg. Avslutningsvis behandlas underhållskostnader och avskrivning då de anses vara av vikt för att ge en förståelse i hur den approximativa beräkningsmetoden fungerar och bör användas.

2.1 Kostnadsberäkning och befraktning

2.1.1 Levelized Cost Of Energy – LCOE

Levelized Cost Of Energy, LCOE, är ett sätt att beräkna en kostnad per energienhet och används då olika typer av produktionsmetoder jämförs (Rubin et al 2013). Metoden bygger på att totala livscykelkostnaden beräknas, varpå summan delas med den beräknade totala elproduktionen (Short, Packey och Holt 1995) (Rubin et al. 2013). Ett exempel på ekvationen är,

$$TLCC = \sum_n \left[\frac{CC_n}{(1+d)^n} + \frac{O\&M_n}{(1+d)^n} + \frac{Fuel_n}{(1+d)^n} \right] = \frac{Q_n * P_{el}}{(1+d)^n}, \quad (2.1.1.1)$$

där $TLCC$ är den totala livscykelkostnaden; n motsvarar analysperioden; d är discount rate; CC är kapitalkostnad; $O\&M$ står för drift och underhållskostnad; $Fuel$ är bränslekostnad; Q_n motsvarar antalet producerade energienheter och slutligen P_{el} är priset per energienhet.

För att sedan räkna ut LCOE används ekvationen,

$$LCOE = \frac{TLCC}{\sum_n \frac{Q_n}{(1+d)^n}}. \quad (2.1.1.3)$$

Det finns dock flera olika sätt att beräkna LCOE, varpå resultaten skiljer sig åt. Detta medför att det är viktigt att använda samma sätt att beräkna värdet mellan de olika energislagen (Bawah, Addoweesh och Eltamaly, 2013). Det är av vikt att rätt metod väljs. Vissa sätt att beräkna LCOE kan inkludera anskaffningskostnader medan andra utesluter det. Det gör att vissa jämförelser mellan till exempel vindkraft och fossila anläggningar kan bli till nackdel för vindkraften, då vindkraft har en hög anskaffningskostnad men en lägre driftskostnad (Rajgor 2012).

2.1.2 Jämförelse av kostnadsberäkning mellan kraftverk och fartyg

I en studie utförd av Bawah, Addoweesh och Eltamaly, jämfördes kostnaden att elektrifiera landsbygden i Saudiarabien med förnyelsebara energiresurser gentemot dieselgeneratorer. LCOE användes som ett verktyg för att jämföra de olika energislagen. Kostnaderna som beräknades ingå för dieselkraftverket är:

- Initial Capital Cost, ICC, bestående av anskaffning- och byggnationskostnaden, samt ägarens kostnader och kapitalkostnader.
- Fixed Operation and Maintenance costs, FOM, bestående av lönekostnader, försäkringar, skatter m.m.
- Variable Operation and Maintenance costs, VOM, bestående av uppstartskostnader, underhåll, smörjolja m.m.
- Bränslekostnader.
- Transmission Line, TL, bestående av kraftledningar och transformatorer som behövs för att ansluta kraftverket till elnätet.

(Bawah, Addoweesh och Eltamaly 2013)

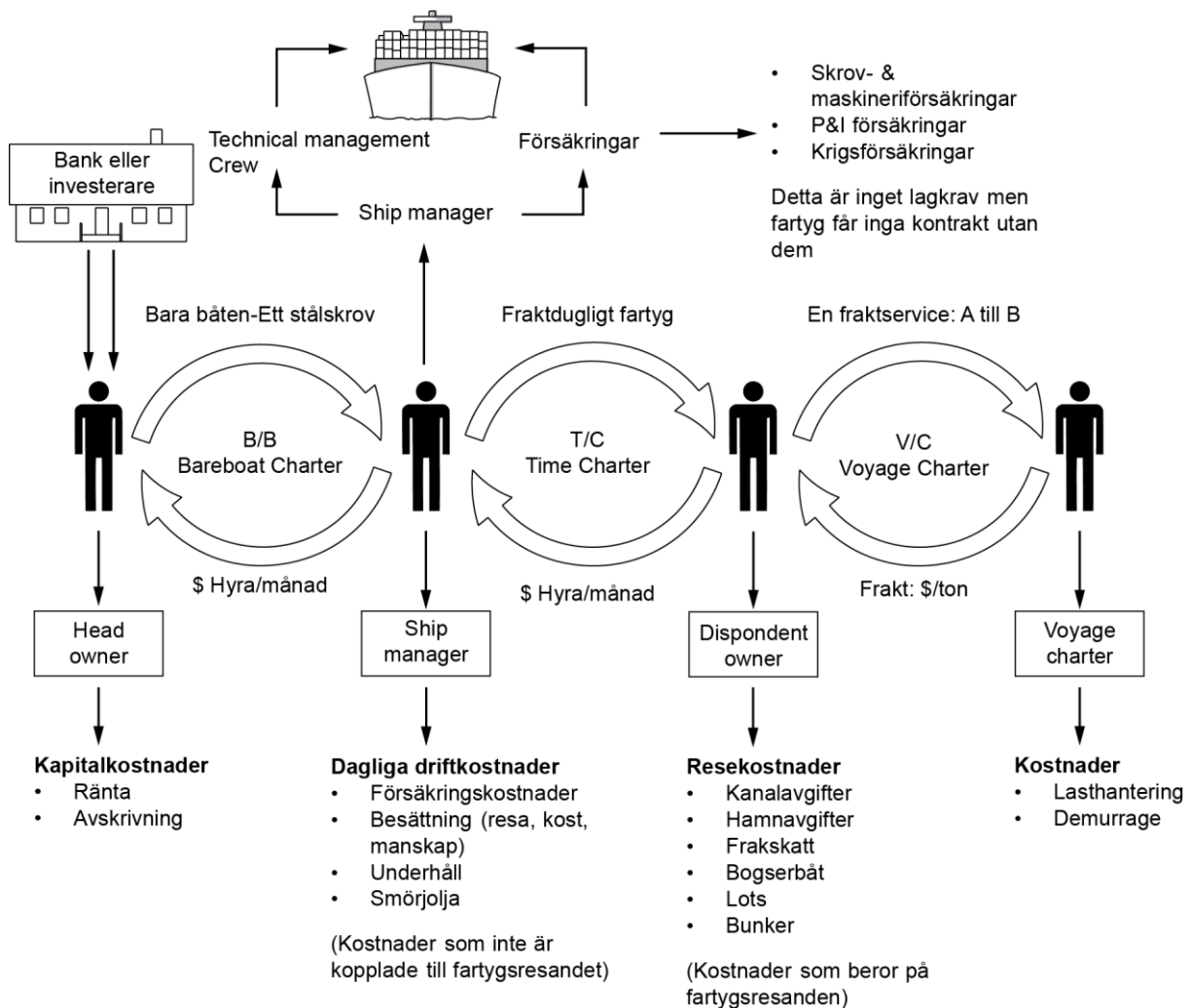
En tydlig gräns finns i och med anslutningen av kraftstationen till elnätet. Alla kostnader som ingår i beräkningarna befinner sig inom denna avgränsning, och de går direkt att knyta till elproduktionen.

En sådan naturlig avgränsning på ett fartyg är skrovet. Alla kostnader som befinner sig inom denna avgränsning härrör dock ej från elproduktionen, då många fartygs huvudsyssla inte är att producera el, utan att utföra någon form av arbete. Statistik från Equasis visar att år 2012 utgjordes 66,2% av världens handelsflotta utav General Cargo fartyg, bogserbåtar, bulkfartyg samt olje- och kemfartyg (Equasis 2013).

Ska kostnaden för elproduktion ombord på fartyg jämföras med landbaserade kraftverk måste därför kostnaderna som härrör fartygets specifika arbete separeras från dessa. Metoder som LCOE är väl utvecklade för att beräkna kostnaden för kraftverk, över tiden eller för enstaka korta perioder. De saknar dock de nödvändiga verktygen för att separera olika kostnaderna ombord på fartyg, vilket gör dem mindre väl lämpade för detta ändamål.

2.1.3 Befraktning

Inom sjönäringen finns olika chartersätt, sätt att hyra ut ett fartyg på. Dessa är Bare Bone Charter, Time Charter och Voyage Charter (Ihre 2009). De olika chartersätten medför att flera företag bär olika kostnader enligt figur 2.1.3.1.



Figur 2.1.3.1 Illustrerar en typisk fraktkedja. Redigerad från undervisningsmaterial av Hedén. Illustrerad av Hellborg (2014).

Bare Bone Charter innebär att fartygsägarna hyr ut fartyget med alla fasta installationer till en annan part över en avtalad tid. Den andra parten kallas Ship Manager och betalar en hyra till ägaren som ska täcka ägarnas kostnader för avskrivningar och låneränta samt ge avkastning på kapitalet. (Ihre 2009)

Ship Manager betalar de dagliga driftkostnaderna vilket innefattar technical management, besättning, underhåll, reservdelar, smörjolja och försäkringskostnader. Försäkringar är inte lagkrav men utan det fås inga fraktkontrakt. (Ihre 2009)

Time Charter innebär att Ship Managern hyr ut fartyget och besättningen till en annan part som kallas Disponent Owner över en avtalad tid. Disponent Owner ska stå för olika resekostnader som bland annat kanalavgifter, hamnavgifter, fraktskatt, lots, bogserbåtar och bunker. (Ihre 2009)

Voyage Charter innebär att Disponent Owner hyr ut fartyget för att under en resa frakta last mot en avgift som bestäms i \$/ton last. Avgiften bestäms så att uthyrarens utgifter och eventuell vinst täcks in. I sista steget ska lastägaren stå för lasthanteringen samt demurrage, vilket är extrakostnader vid förseningar i lasthanteringen. (Ihre 2009)

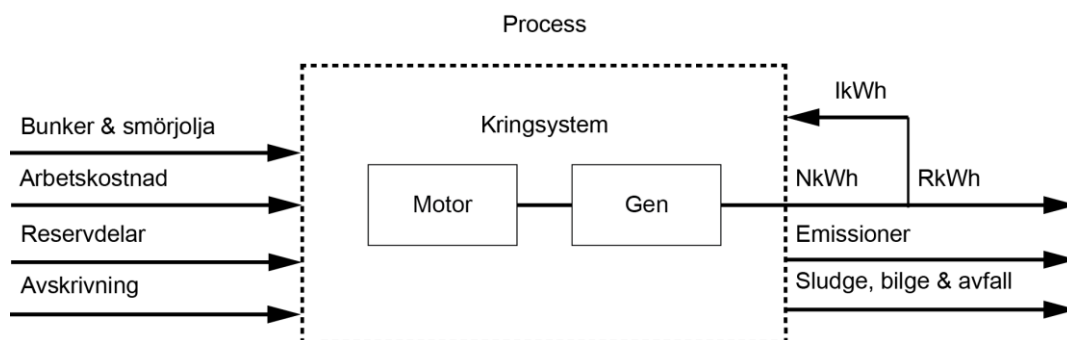
Det framgår enligt ovan att olika parter betalar olika kostnader, i samband, med elproduktionen. Diskussioner kan uppstå när kostnader och besparingar i elproduktion för varje part ska värderas.

2.2 Förbrukning

I dagens hårda konkurrens mellan rederi, och de ständigt ökande miljökraven, är bränsleeffektivitet och låg förbrukning av smörjolja allt viktigare. Bränsleeffektiviteten för dagens små dieselmotorer uppgår till ca 25 % och stora dieslar över 50 % (Kuiken 2008). Trots denna utveckling står bränsleförbrukningen fortfarande för den allra största kostnaden, ca 72,2 %, vid drift av ett fartyg (Kuiken 2008). Det innebär att det är av stor vikt att bränsleförbrukningen mäts på ett korrekt sätt. Ett tillsynes försumbart fel ger en stor ekonomisk påverkan, mätt över tiden. Övrig förbrukning som uppkommer i samband med drift är bland annat smörjoljeförbrukning och kemikalier. Dessa kostnader svarar för 2,7 % (smörjolja) respektive 0,7 % (kemikalier) vid drift av ett fartyg (Kuiken 2008).

2.2.1 Ingående kostnader i elproduktionen med dieselgeneratorer till sjöss

Kostnaderna illustrerade i bild 2.2.2.1 kan sammanföras till fem huvudgrupper. De är; förbrukning; drift och underhåll; emissioner; sludge, bilge och avfall; samt kapital och försäkringar.



Figur 2.2.1.1. En övergripande bild av produktion av elenergi ombord på fartyg, det som ingår, det som behöver tillföras och vad som genereras. Illustrerad av Hellborg (2014).

Mer specifikt så innehåller dessa grupper, bland annat, men inte uteslutande:

Förbrukning

- Brännolja
- Smörjolja
- Kylvatten, luft, start- och manöverluft
- Övrig förbrukning, exempelvis kemikalier till eventuell katalysator, kylvattenbehandling och vaskning
- Dieselgeneratorns egenförbrukning av elenergi

Drift och underhåll

- Arbetskostnad för drift och underhåll av dieselgenerator med tillhörande kringsystem
- Reservdelar till dieselgenerator och tillhörande kringsystem
- Downtime, i de fallen då det är applicerbart att beräkna detta

Emissioner

- Luftemissioner, exempelvis koldioxid, kolmonoxid, kväveoxider, svaveloxider och partiklar
- Kostnader för tekniska lösningar för minskning av emissioner
- Övriga emissioner, exempelvis ljud, vibrationer och magnetfält

Sludge, bilge och avfall

- Sludge
- Bilge
- Avfall

Kapital och försäkringar

- Avskrivning och nedskrivning av dieselgenerator och tillhörande kringsystem
- Försäkringar
- Övriga kostnader, exempelvis klassning

(Kuiken 2008), (Bawah, Addoweesh och Eltamaly 2013), (Ihre 2009)

2.2.2 *Kringsystem och dieselgeneratorernas egenförbrukning*

En dieselgenerator består av en dieselmotor kopplad till en generator, som har till uppgift att producera elektricitet till förbrukare. De har stor spridning och används både ombord på fartyg och till land. För att kunna producera elektricitet krävs det ett antal kringsystem som har till uppgift att tillgodose dieselgeneratorns essentiella behov. Dessa essentiella behov består av bränsletillförsel, smörjning, lufttillförsel och kylning. (Kuiken 2008)

Det finns en mängd olika sätt systemen kan konstrueras på. Kylvattenpumpar kan drivas av elmotorer eller vara påhängd, det vill säga drivas av motorn. Samma princip gäller smörjoljepumpar. Vidare kan storleken på de olika elmotorerna, fläktarna och pumparna variera vilket påverkar elförbrukningen. (Kuiken 2008)

Oavsett hur dessa kringssystem är utformade, drar de energi som i sin tur inte kan användas av andra förbrukare. Detta är dieselgeneratorns egenförbrukning, som räknas bort från den totala elproduktionen. Vilket ger dieselgeneratorsystemets nyttiga effekt, och längre fram den riktiga förbrukningskostnaden vid elproduktion. Beräkning av egenförbrukningen behandlas närmare i avsnitt 4.2.1.

2.3 Underhållskostnader

Underhåll är en viktig utgiftspost vid drift av all typ av maskineri. Dagens beräkningar är ofta fokuserade på bränsleförbrukningen (Johnson, Johansson, och Andersson 2013). Detta innebär att underhållskostnaden för dieselgeneratorer sällan behandlas. I detta avsnitt berörs de olika delarna som ingår i och påverkar underhållskostnader. Detta innefattar kostnaden för reservdelar och arbetskostnaden. Även underhållsmetoder kommer att behandlas då dessa signifikant kan påverka mängden förbrukade reservdelar och mängden arbete.

2.3.1 Underhållsmetoder

Det finns en mängd olika teorier och metoder som ska minska arbetstiden samtidigt som tillgängligheten och produktiviteten av utrustningen bibehålls (Johansson 1997).

Två grundläggande termer inom underhållsteori är förebyggande och avhjälpande underhåll. De syftar på huruvida underhållet görs innan maskindelen går sönder (förebyggande) eller underhåll som görs efter att maskindelen upphört att fungera (avhjälpande). Det är tvärt emot vad man kan tro, inte alltid bäst att genomföra förebyggande underhåll. Det kan ibland vara mer ekonomiskt att låta maskindelen gå sönder (Johansson 1997). Vad som är bäst, kan bestämmas genom att studera vilka fel som uppkommer. Det finns två krav som måste uppfyllas för att förebyggande underhåll ska löna sig:

- Antal fel måste öka med tiden
- kostnad för avhjälpande underhåll måste vara högre än kostnaden för förebyggande underhåll

(Johansson 1997)

Mycket av underhållsarbetet som idag utförs på dieselgeneratorer ombord på fartyg är förebyggande underhåll, det är av stor vikt att dessa fungerar på grund av säkerhetsmässiga och ekonomiska skäl. Ett fel som inte åtgärdas kan leda till haveri och stora kostnader som följd.

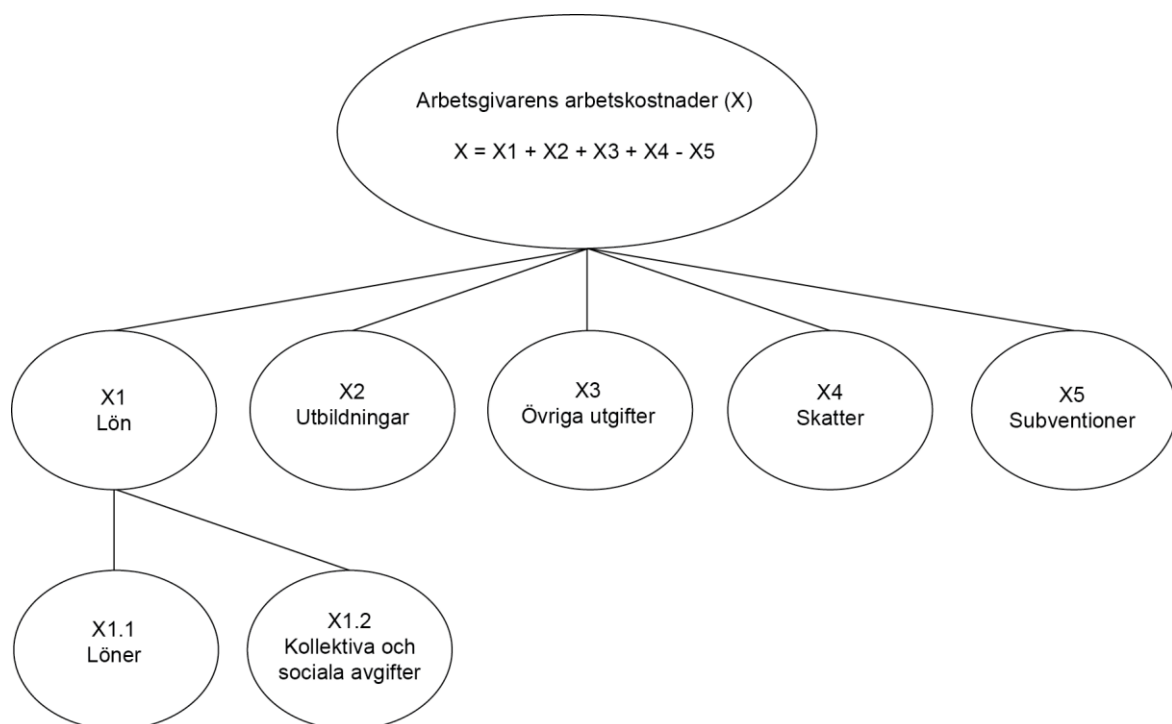
Fel kan inom ramen för förebyggande underhåll delas in ytterligare i planerat underhåll, som styrs av ett underhållssystem, och tillståndsbaserat underhåll. Tillståndsbaserat underhåll utförs baserat på komponenters tillstånd som kontrolleras via övervakningsutrustning och inspektioner.

Undersökningar har visat att en utvecklad och väl använd underhållsmetod kan spara mycket pengar. Till exempel har införandet av ett nytt underhållssystem inom kärnkraftsindustrin sänkt underhållskostnader markant (Johansson 1997):

- sänk kostnaden för arbetstiden på förebyggande underhåll med 40 %
 - kostnaden för reservdelar på förebyggande underhåll med 30 %
 - kostnaden för avhjälpande underhåll med 40 %
- (Johansson 1997)

2.3.2 Arbetskostnader

Det är inom Europeiska Unionen reglerat hur arbetskostnader ska beräknas. Figur 2.3.2.1 ger en schematiks bild över vilka kostnader som ingår i den totala arbetskostnaden, som arbetsgivaren måste betala för sina anställda.



Figur 2.3.2.1 Ingående poster i arbetskostnader för arbetsgivaren. Redigerad från Europeiska Gemenskapens kommission (2005). Illustrerad av Hellborg (2014).

Enligt denna definition delas arbetskostnaden in i fem grupper, och den totala kostnaden beräknas enligt följande ekvation,

$$X = X1 + X2 + X3 + X4 - X5 , \quad (2.3.2.2)$$

där X1 är löner; X2 är utbildningar; X3 täcker in övriga utgifter; X4 står för skatter; X5 är subventioner. (Europeiska Gemenskapens kommission. 2005)

Begreppet lön består av två undergrupper, löner (X1.1) och kollektiva/sociala avgifter (X1.2). De två undergrupperna består i sin tur av poster som framgår av listan nedan:

Löner (X1.1)

- Lön och olika former av bonusar
- Utbetalningar till olika sparprogram
- Betalningar för semesterdagar och andra inte arbetade dagar
- Förmåner - Boende, bil, mat, med mera

Kollektiva/sociala avgifter (X1.2)

- Avgifter arbetsgivaren ska betala enligt lag
- Avgifter arbetsgivaren ska betala enligt avtal eller frivilligt

Gruppen utbildningar (X2) är den kostnad arbetsgivaren betalar för att utbilda personal. I det ingår utgifter för utbildningslokaler, lärare och utbildningsmaterial.

Gruppen övriga utgifter (X3) betecknar kostnader för att hitta och anställa personal samt sådant som arbetskläder.

Gruppen skatter (X4) berör kostnader arbetsgivare måste betala i form av skatter för anställda. Exempel på detta är arbetsgivaravgiften.

Gruppen subventioner (X5) är ersättning arbetsgivaren får för vissa av sina utgifter. Eftersom det är belopp arbetsgivaren får tillbaka minskar det arbetskostnaden. Denna post är den enda som minskar arbetskostnaden.

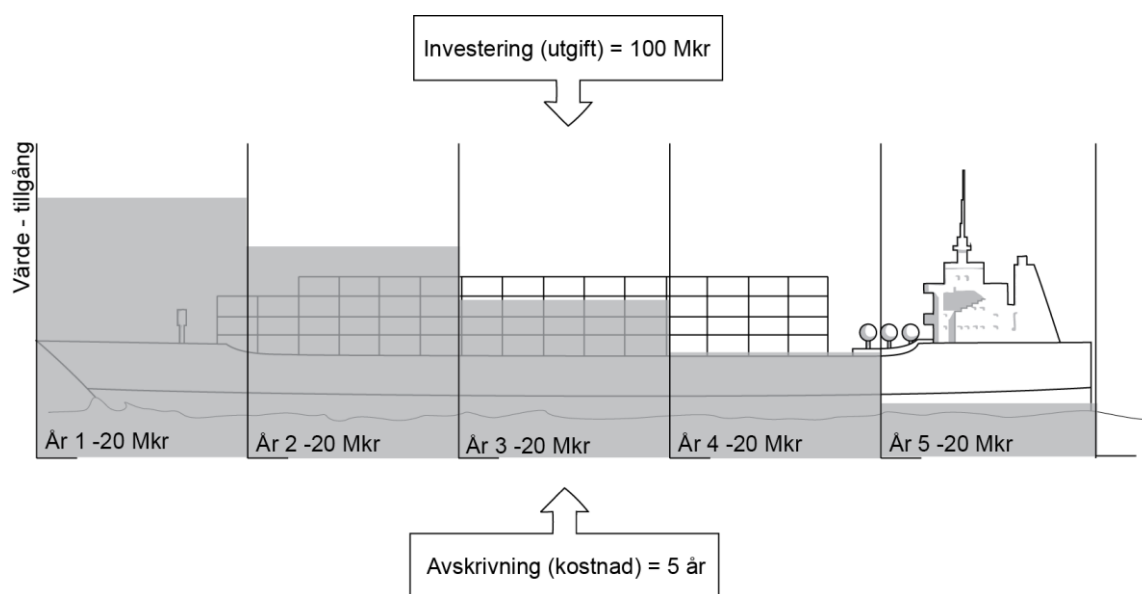
Vidare beskrivning av ingående kostnader finns i *"KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EG) nr 1737/2005 av den 21 oktober 2005 om ändring av förordning (EG) nr 1726/1999 avseende definition och översändning av uppgifter om arbetskraftskostnader"* i Europeiska unionens officiella tidning.

2.4 Avskrivningar

I diskussioner kring avskrivning finns det två termer som är viktiga att känna till. Den ena är utgift, som uppstår när en tillgång införskaffas. Det kan hävdas att en utgift är en omvandling av tillgångar, från till exempel kapital till fartyg. Resultatet av detta är att en utgift inte påverkar ett företags resultat negativt (Bokföringsnämnden). Det andra är kostnad, som uppstår när tillgången slits eller förbrukas. Det kan enkelt beskrivas som en minskning av tillgångens nuvarande värde. Följden är att kostnaden påverkar ett företags resultat negativt.

Med dessa termer i åtanke kan avskrivning anses bestå av kostnader för en produkt under dess ekonomiska livslängd. Avskrivningen blir ett belopp som motsvarar det värde som tillgången minskar med. Minskningen beror enligt boken "Depreciation; principles and applications" på tre orsaker, att föremålet blir äldre, slitage eller otillräcklighet (Saliers 1939). En jämförelse kan göras med en begagnad bil där värdet bestäms av årsmodell och körda mil. En bil tappar i värde då en ny modell kommer ut och när den slits i och med körda mil.

Enligt Bokföringsnämnden bör avskrivning av en anläggningstillgång ske ner till ett restvärde. Restvärdet är det värde tillgången har efter dess nyttjandeperiod är över (Bokföringsnämnden). Till exempel har ett gammalt fartyg ett betydande restvärde, som motsvarar värdet av stålet som det är byggt av. Verksamheter kan i motsats till råden från Bokföringsnämnden och Redovisningsrådet välja att göra avskrivningar på tillgången ner till ett restvärde av noll.



Figur 2.4.1. Visar en bild av ett fartyg som representerar en investering på 100Mkr, med en linjär avskrivningstid på 5 år. Detta blir en avskrivningskostnad på 20 Mkr per år om fartyget skrivs ner till ett värde av noll. Illustrerad av Hellborg (2014).

Trots det stora värdet som finns i gamla fartyg; i form av stålskrot, väljer många rederier idag att göra avskrivningar till ett restvärde av noll. Anledningen till det är att rederierna anser att stålmarknaden är för osäker, med stora fluktuationer (Eliason, Ljungblom och Ragnarsson 2006).

Verksamheter ska välja den avskrivningsmetod som bäst visar hur värdet av tillgången minskar (Redovisningsrådet 1999). Nedan följer en kort beskrivning av de vanligaste avskrivningsmetoderna:

- Linjär avskrivning är den vanligaste metoden för att skriva av tillgångar. Metoden går ut på att tillgången periodiskt skrivs av med lika stora belopp varje gång. Denna avskrivningsmetod är enkel att använda. Det negativa med detta sätt att göra avskrivningar på, är att det oftast inte överensstämmer med hur den verkliga värdeminskningen av en tillgång är.
- Degressiv avskrivning innebär att avskrivningen sker periodiskt med större belopp i början och minder belopp i slutet av tillgångens ekonomiska livslängd. Denna metod har fördelen att den på ett bättre sätt svarar mot en tillgångs verkliga nyttoanvändning. Alltså får man ut mer nytta av en anläggning i början än i slutet. Därmed ska större del av avskrivningen ske i början.
- Progressiv avskrivning innebär att avskrivningen sker med mindre belopp i början och större belopp i slutet. Denna metod kan vara fördelaktig i de fall då man har en tillgång med lång livslängd och den tekniska utvecklingen inom tillgångens område är minimalt.
- Produktionsberoende avskrivning är den mest avancerade formen av avskrivning. Metoden går ut på att avskrivningen baseras på tillgångens produktion och tillgänglighet. Detta innebär att avskrivningsbeloppen varierar både upp och ner över tillgångens ekonomiska livslängd.

1994 kom Sveriges Redareföreningen med rekommendationer angående avskrivningstiden för fartyg. Rekommendationen var att fartyg bör ha en avskrivningstid på 25 år. Rederier använder idag rekommendationen, samt råd från Bokföringsnämnden som utgångspunkt när de ska bestämma vilken avskrivningstid som används. Trenden verkar gå emot kortare avskrivningstider och en majoritet av svenska onoterade rederier har en avskrivningstid på mellan 16-20 år (Eliason, Ljungblom och Ragnarsson 2006). Dock finns det exempel på både kortare och längre avskrivningstider, fem år, ända upp till 32 år förekommer. Vidare används en linjär avskrivningsmodell uteslutande av de rederier som undersökts av Eliason, Ljungblom och Ragnarsson (2006).

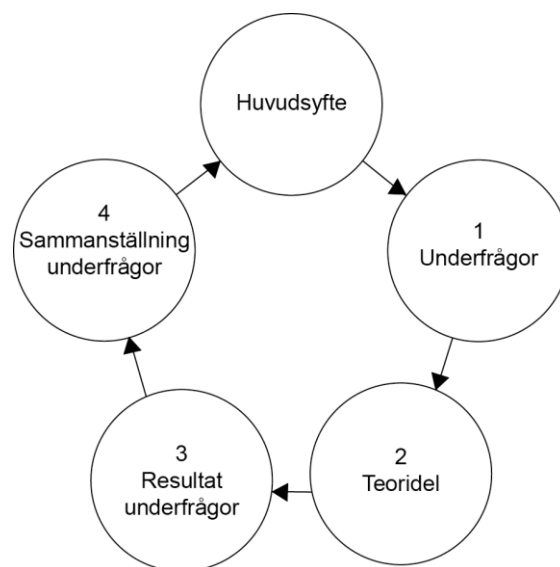
3 Metod

Detta arbete baseras i huvudsak på en litteraturgenomgång. Information hämtades från fackböcker och kompletteras genom kontakter med olika rederier samt andra kunniga på området. Vidare används handböcker och produktguider från flertalet olika motortillverkare för att få fram nödvändig driftsdata. Litteraturgenomgångsmetoden valdes för att kunna verifiera olika modeller och antaganden i den approximativa beräkningsmetoden som utarbetades.

I en mindre utsträckning är arbete även en studie där produktionskostnader undersöks systematiskt och kategoriseras, för elproduktion ombord på fartyg. Insamlad data, samt uppgifter från underhållsmanualer används för att avgöra eller bekräfta kostnader. Syftet är att identifiera produktionskostnaden samt data som är svårberäknad med avseende på möjlighet till insamling av data.

3.1 Metodbeskrivning

Huvudsyftet med rapporten är att utarbeta en approximativ beräkningsmetod för kostnadsberäkning av elproduktion, med dieselgenerator, ombord på befintlig fartygsflotta. Med detta huvudsyfte som grund utfördes arbete enligt figur 3.1.1.



Figur 3.1.1 Arbetsgång för examensarbetet. Redigerad från Blom och Carlsson (2013). Illustrerad av Hellborg (2014).

Steg 1

I första steget bryts huvudsyftet ner i ett antal underfrågor som anses behöva besvaras för att få ett tillfredställande resultat. Dessa är:

- Vad ingår i kostnaden för att producera el ombord på fartyg, med en dieselgenerator?
- Vilka kostnader anses som svårberäknade?
- Hur ska svårberäknade kostnader hanteras?
- Hur bör metoden utformas?

Dessa underfrågor presenteras närmare i kapitel 1.3, Frågeställningen.

Steg 2

I andra steget ger en litteraturgenomgång en bred teoretisk bas och en större insikt i ämnet. Ur den nya kunskapsnivån kan ett antal teoriområden identifieras som anses relevanta och kräver närmare studier. Dessa är:

- Hur beräkningar sker till land, och skillnaden mellan ett kraftverk och fartyg
- Befraktning
- Ingående kostnader i elproduktionen med dieselgenerator
- Underhållsmetoder
- Arbetskostnader
- Avskrivningar

Dessa områden presenteras mer ingående i teorikapitlet. Litteraturgenomgången genomfördes huvudsakligen i läroböcker, olika handböcker och produktguider.

Steg 3

I det tredje steget analyseras och sammanställs fakta, som har plockats från många källor. Då det inte finns någon forskning på detta specifika område har litteraturgenomgången behövt bedrivas på ett brett område. Information från närbesläktade områden har behövt vägas och diskuteras. Till exempel finns det rapporter angående elproduktionskostnadsberäkningar på land, men då landbaserade elanläggningar har andra förutsättningar än till sjöss har jämförelser mellan dessa krävt viss analys av skillnaderna mellan dem. Det innebär ett inslag av komparativa studier. Dessa skillnader beskrivs närmare i teorikapitlet.

Steg 4

I steg fyra sammanställs de svar och den information som framkommit i tidigare steg så att arbetets huvudsyfte kan uppfyllas.

3.2 Metod för beräkningsexempel

Beräkningsmetoden testas i ett beräkningsexempel baserat på ett verkligt fartyg. Syftet med beräkningen är att utvärdera hur den approximativa beräkningsmetoden fungerar. Informationen i beräkningsexemplet hämtas från flera källor bland annat genom kontakt med anställda ombord på fartyg och genom kontakt med motortillverkare.

Datainsamlingen görs av en kontakt ombord på ett fartyg under sju dagar, enligt den utvecklade beskrivningen av beräkningsmetoden i bilaga 4, varpå all data sammanställs och modulerna beräknas. Reservdelsmodulen och kapitalkostnadsmodulen beräknas bland annat utifrån data från motortillverkare, då data för reservdelskostnaderna och kapitalkostnaden ej finns sammanställda ombord. Arbetskostnadsmodulen beräknas utifrån uppskattad data, då information om den aktuella arbetskostnaden ej finns tillgänglig ombord.

4 Resultat

Här presenteras en approximativ beräkningsmetod för kostnaden per producerad kWh elenergi, ombord på befintliga fartyg. Beräkningsmetoden är uppbyggd kring sju stycken moduler, som vardera beräknar en specifik delkostnad. Dessa moduler adderas sedan för att ge kostnaden per kWh. Vidare presenteras vilka kostnader som ska beräknas, och regler som bör tas i beaktandet vid användning av beräkningsmetoden. Även viktiga aspekter av driftsdatainsamling som var, när och hur insamlandet bör göras behandlas. Slutligen beskrivs de ingående modulerna i ett antal avsnitt, för att avslutas med ett avsnitt om hur svårberäknade delkostnader behandlas och ett avsnitt med ett beräkningsexempel.

4.1 Kostnader och gränsdragningar

4.1.1 Kostnader som ska beräknas

Beräkningsmetoden bygger i sitt grundutförande på att Head owner, Ship manager och Disponent owner är samma företag. Avsnitt 2.2.1 i teorikapitlet berör vilka kostnader som ingår i elproduktionen. Av dessa anses de nedanstående kostnaderna utgöra de huvudsakliga kostnadsposterna. Beräkningsmetoden behandlar därför dessa kostnader:

Förbrukning

- Brännolja
- Smörolja
- Övrigt, exempelvis kemikalier till eventuell katalysator
- Dieselgeneratorns egenförbrukning av elenergi

Drift och underhåll

- Arbetskostnad för drift och underhåll av dieselgenerator med tillhörande kringssystem
- Reservdelar till dieselgenerator och tillhörande kringssystem

Sludge, bilge och avfall

- Sludge

Kapital och försäkringar

- Avskrivning och nedskrivning av dieselgenerator och tillhörande kringssystem

En approximativ riktlinje i de fall dieselgeneratorerna och ett eventuellt huvudmaskineri delar på kringssystem, är att kostnaderna för dessa bärs av huvudmaskineriet, i de fall då huvudmaskineriets genomsnittliga effekt väsentligt överstiger dieselgeneratorernas genomsnittliga effekt.

Om eventuella skillnader i verkningsgrad, kylbehov per kW med mera mellan

dieselgeneratorer och huvudmaskineri försummas, kan bränsleförbrukningen användas för denna uppskattning.

4.1.2 Gränsdragningar vid särskiljning av kostnader

Huvudregeln vid särskiljning av kostnader är

Regel 4.1.2.1

Endast kostnader som betalas av den beräknande parten ska beräknas.

Detta leder till att fartygets befraktning och i vilket syfte beräkningarna genomförs påverkar vad som ska beräknas. Exempel på detta är då Head owner, Ship manager och Disponent owner består av tre olika företag. Beroende på hur avtalen mellan dessa företag ser ut, kommer kostnaderna att fördelas olika. Ett exempel på fördelningen kan vara,

Head owner

- avskrivningar

Ship manager

- arbetskostnad
- reservdelar
- smörjolja
- övriga förbrukningar
- försäkringar

Disponent owner

- brännolja.

Detta innebär att innan beräkningarna påbörjas bör följande frågor ställas:

- För vem beräknas elpriset? (vad betalar den parten för kostnader)
- Varför beräknas elpriset? (elbesparande återgårdar, landanslutning av fartyg, med mera)
- Vilka kostnader ska tas med?

I vissa fall behöver regel 4.1.2.1 ett tillägg

Regel 4.1.2.2

Endast kostnader relevanta för ändamålet ska beräknas.

Vid beräkning av elpriset för jämförelse med landanslutning, kan exempelvis regel 4.1.2.2 behöva tillämpas i de fall Head owner, Ship manager och Disponent owner är samma företag. Kostnaden som då nödvändigtvis inte ska beräknas är avskrivningskostnaderna för dieselgeneratorerna. Anledningen till detta är att kostnaden finns oavsett om landanslutning

används eller ej. Då kostnaden finns i båda alternativen, stryks den i detta fall ur beräkningarna.

4.1.3 Driftsdatainsamling

För att kunna beräkna kostnaden med denna beräkningsmetod ska driftdatainsamlingen ske över en period. Denna beräkningsperiod, RT_{cp} , väljs beroende på ändamålet, men kan med fördel vara inom spannet en månad till ett år. En längre period har fördelen att den ger ett medelvärde, samt att den inte är lika känslig för tillfälliga variationer i driften. En allt för lång period ger ett värde som inte är representativt för den aktuella kostnaden.

Denna beräkningsperiod gäller dock inte för reservdelskostnaderna. Där bör en längre beräkningsperiod väljas baserat på systemets underhållsperiod. Ett exempel på detta kan vara att dieselgeneratorernas överhållningsintervall används. På detta sätt ingår hela systemets serviceintervall i beräkningarna.

Det är inte säkert att all data som behövs finns tillgänglig ombord. Vilken metod som används för att för att samla in dessa får anpassas för varje fartygs specifika förutsättningar.

Då beräkningsmetoden i sitt utförande är approximativ, kan i många fall även förhållandevis korrekta uppskattningar användas istället. Dessa uppskattningar kan göras med hjälp av systemkännedom, och grundläggande data rörande maskineriet.

4.2 Beräkningsmetoden

I sitt grundutförande bygger beräkningsmetoden på att ett antal delkostnader beräknas och därefter summeras enligt ekvationen,

$$EC = \frac{Q_1}{RkWh} + \frac{Q_2}{RkWh} + \dots + \frac{Q_n}{RkWh}, \quad (4.2.0.1)$$

där EC utläses Energy Cost och är kostnaden per kWh; Q_n är delkostnad för utgiftspost, och $RkWh$ vilket är realproduktionen av elenergi, se avsnitt 4.2.1

Avsnitt 4.1.1 ger sju olika delkostnader som ska beräknas. Dessa kostnader behandlas som självständiga moduler, och i enlighet med avsnitt 4.1.3 ska endast de moduler som betalas av den beräknande parten beräknas.

Ett alternativt sätt att skriva ekvation 4.2.0.1 är,

$$EC = EC_1 + EC_2 + EC_3 + EC_4 + EC_5 + EC_6 + EC_7 \quad (4.2.0.2)$$

där EC_n är den beräknade delkostnaden av en modul.

4.2.1 Beräkning av realproduktionen

För att kunna generera elenergi med en dieselgenerator behövs kringssystem som förser motorn med luft, kylning, bränsle med mera. Dessa pumpar och fläktar förbrukar elenergi. Då denna elenergi representerar en kostnad, ska den tas med i beräkningarna. Detta sker genom att den dras bort från den nominella elproduktionen enligt ekvationen,

$$RkWh = NkWh - IkWh, \quad (4.2.1.1)$$

där $NkWh$ är den nominella produktionen av elenergi, vilket innebär det avlästa värdet från huvudtavlans elmätare; $RkWh$ är realproduktionen av elenergi och $IkWh$ är egenförbrukningen av elenergi.

För att beräkna realproduktionen behöver egenförbrukningen beräknas. Dessa beräkningar kan i många fall vara komplicerade att göra på grund av mätproblematik. Om inte fasta elmätare finns installerade, alternativt att portabel mätutrustning används för att uppskatta egenförbrukningen, kan ett approximativt värde baserat på data från motortillverkare användas. De fullständiga beräkningarna för detta approximativa värde återfinns i bilaga 1.

I enighet med bilaga 1, sker beräkningarna av egenförbrukningen av elenergi beroende på driftfall. Det vill säga hur fartygets maskineri är uppbyggt och hur det körs, modifierar ekvation 1.12.1 i bilaga 1 och ger upphov till 12 olika ekvationer. Det aktuella fartygets driftfall avgör vilken av dessa som ska användas för att beräkna egenförbrukningen.

För att få fram rätt driftfall väljs först det fall nedan av A, B eller C som bäst passar in på det aktuella fartyget,

- A. HT-, LT-, och LUB- pumparna drivs av elmotorer
- B. LT- pumparna drivs av elmotorer, HT- och LUB- pumparna drivs av motorn
- C. HT-, LT-, och LUB- pumparna drivs av motorn.

Proceduren upprepas och det fall av 1, 2, 3, eller 4 som bäst passar in väljs,

1. En sjövätpump går, och fläktarna går på lågfart
2. En sjövätpump går, och fläktarna går på högfart
3. Två sjövätpumpar går, och fläktarna går på lågfart
4. Två sjövätpumpar går, och fläktarna går på högfart.

OBS! Om fartyget har boxkylare, och därför saknar sjövätpumpar, väljs det alternativ där fläktarnas driftfall bäst överensstämmer.

Med hjälp av tabell 1.12.3 från bilaga 1, kan nu rätt ekvation utläsas.

Tabell 1.12.3 från bilaga 1, de driftfall (grå rutor) som bäst stämmer in på det aktuella fartyget ska väljas, dessa kombineras och ger en bokstavsnummer kombination som anger vilken ekvation som ska användas i tabell 1.12.4, bilaga 1.

	1	2	3	4
A	A1	A2	A3	A4
B	B1	B2	B3	B4
C	C1	C2	C3	C4

Tabell 1.12.4 från bilaga 1, ekvationer för beräkning av egenförbrukningen av elenergi. OBS! Om fartyget har boxkylare, och därför saknar sjövattpumpar, skall den delen av ekvationen som är gråmarkerad strykas!

A1	$IkWh = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
A2	$IkWh = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
A3	$IkWh = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
A4	$IkWh = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
B1	$IkWh = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
B2	$IkWh = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
B3	$IkWh = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
B4	$IkWh = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
C1	$IkWh = ([N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
C2	$IkWh = ([N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
C3	$IkWh = ([N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
C4	$IkWh = ([N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$

Där x , är den genomsnittliga motoreffekten på dieselgeneratorerna, X är summerade motoreffekten på dieselgeneratorerna och N är antalet dieselgeneratorer. Korrektionsfaktorn, K_{drift} , fås enligt ekvationen,

$$K_{drift} = \frac{TRT}{RT}, \quad (\text{bilaga 1;1.12.2})$$

där TRT är antalet drifttimmar på samtliga dieselgeneratorer i beräkningsperioden och RT är antalet timmar dieselgenerator drift i beräkningsperioden.

4.3 Beräkning av enskilda moduler

4.3.1 Brännolja-modulen

Brännolja-modulens funktion är att beräkna kostnaden per kWh för den mängd brännolja som förbrukas av dieselgeneratorerna ombord.

Den förbrukning som avses är den olja som dieselgeneratorerna tar från dagtanken. Då värdet står för merparten av den totala kostnaden, får procentuella fel en stor påverkan på det slutgiltiga resultatet. Därför är det rekommenderat att inte uppskatta detta värde, utan att en flödesmätare med hög noggrannhet permanent installeras i systemet om sådan saknas.

Beräkningen som är baserat på volym (flödesmätare) sker enligt ekvationen,

$$EC_n = \frac{P * V_1 * VCF_1 * \rho}{RkWh}, \quad (4.3.1.1)$$

där P motsvarar aktuell kostnad per ton; V_1 är dieselgeneratorernas förbrukning i m^3 ; VCF_1 är volymkorrigeringsfaktorn, enligt bilaga 3; ρ är oljans densitet vid $+15^\circ C$ i ton per m^3 .

4.3.2 Beräkning av smörjolja-modulen

Smörjolja-modulens funktion är att beräkna kostnaden per kWh för den mängd smörjolja som förbrukas av dieselgeneratorerna ombord, samt den mängd som frånskiljs i separatorerna.

Det värde som ska användas är mängden smörjolja som fylls på i dieselgeneratorerna. Om flödesmätare saknas, kan i enlighet med avsnitt 4.1.3 uppskattningar göras med hjälp av systemkännedom, och grundläggande data rörande maskineriet.

Beräkningen sker enligt ekvation 4.3.1.1.

4.3.3 Beräkning av sludgemodulen

Sludgemodulens funktion är att beräkna kostnaden per kWh för den mängd brännolja som avskiljs av separatorerna ombord.

Denna modul används när separatorer nyttjas för att rena brännoljan till dieselgeneratorerna, och finns därför i två utförande. Ekvation 4.3.3.1 används i de fall dieselgeneratorerna nyttjar samma bränsle som andra förbrukare, ekvation 4.3.3.2 i de fall den är den enda förbrukaren.

Ekvationen för flera förbrukare ser ut enligt följande,

$$EC_3 = \frac{V_1 * (m_B - [(V_1 * VCF_1 + V_2 * VCF_2 + V_3 * VCF_3) * \rho]) * P}{(V_1 + V_2 + V_3) * RkWh}, \quad (4.3.3.1)$$

där m_B är mängden olja flyttad till settlingtankar, i ton; $V_{1,2,3}$ förbrukning hos dieselgeneratorer, huvudmaskineri och panna i m^3 ; $VCF_{1,2,3}$ är volymkorrigeringsfaktor hos dieselgeneratorer, huvudmaskineri och panna, enligt bilaga 3. Ekvationen går att justera med fler eller färre förbrukare ifall det ifall det specifika fartyget fodrar det. Det sker genom att $V_n * VCF_n$ adderas i den innersta parentesen i täljaren och att V_n adderas in i parentesen i nämnaren ifall fler förbrukare önskas. Ifall färre förbrukare önskas stryks motsvarande termer. Ekvationen för en förbrukare ser ut enligt följande,

$$EC_3 = \frac{(m_B - [V_1 * VCF_1 * \rho]) * P}{RkWh}. \quad (4.3.3.2)$$

4.3.4 Beräkning av reservdelskostnadsmodulen

Innan reservdelskostnadsmodulen beräknas behöver kostnaderna PM , och UPM beräknas. Dessa är reservdelskostnader per timma dieselgenerator drift för planerat (PM), respektive oplanerat (UPM) underhåll, för dieselgeneratorerna och tillhörande kringssystem. I enlighet med avsnitt 4.1.3 bör dessa beräknas över hela systemets underhållscykel.

PM och UPM har följande formler,

$$PM = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{TRT_m}, \quad (4.3.4.1)$$

och

$$UPM = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{TRT_m}, \quad (4.3.4.2)$$

där S_n är kostnaden för individuella reservdelar och TRT_m är det totala antalet drifttimmar på dieselgeneratorerna i underhållscykeln som kostnaderna beräknas över.

PM och UPM är värden som inte nödvändigtvis måste beräknas på nytt varje gång beräkningsmetoden används. Förslagsvis kan detta värde beräknas på nytt då någon form av kostsamt underhåll genomförts.

De framräknade värdet på PM och UPM används sedan i reservdelsmodulen. Vars uppgift är att beräkna kostnaden per kWh för reservdelarna som används vid underhåll. Detta sker enligt ekvationen,

$$EC_4 = \frac{PM * TRT + UPM * TRT}{RkWh}, \quad (4.3.4.3)$$

där TRT är antalet drifttimmar på samtliga dieselgeneratorer i beräkningsperioden.

4.3.5 Beräkning av arbetskostnadsmodulen

Innan arbetskostnadsmodulen kan beräknas måste arbetskostnaden per timme, D_n , beräknas. Detta kan göras i enlighet med avsnitt 2.3.3, alternativt kan arbetskostnader givna från rederiet/lönekontoret användas. Då lönerna skiljer sig åt mellan olika befattningar och nationaliteter ombord, kan flera arbetskostnader behöva beräknas.

Arbetskostnadsmodulen beräknas enligt ekvationen,

$$EC_5 = \frac{D_1 * h_1 + \dots + D_n * h_n}{RkWh}, \quad (4.3.5.1)$$

där h_n , är antalet arbetade timmar för de olika arbetskostnaderna i beräkningsperioden.

Det är av vikt att all arbetstid som spenderas på dieselgeneratorerna och tillhörande kringssystem beräknas, inte bara sådan tid som är uppenbar. Bland de mindre uppenbara jobben ingår bland annat, drift, vaskning, förberedelser inför jobb, administration/dokumentation av utförda jobb med mera, som kan vara lätta att förbise.

4.3.6 Beräkning av kapitalkostnadsmodulen

Det förutsätts att dieselgeneratorerna och tillhörande kringssystem skrivs av linjärt, i enlighet med avsnitt 2.4. Detta gör att avskrivningskostnaden per timme, CC_d , kan beräknas enligt ekvationen,

$$CC_d = \frac{P_{DG}}{RT_{CC}}, \quad (4.3.6.1)$$

där P_{DG} är inköpspriset för dieselgeneratorerna och tillhörande kringssystem; och RT_{CC} är avskrivningstiden i timmar.

Avskrivningskostnaden per timme används sedan i kapitalkostnadsmodulen, vars funktion är att beräkna kostnaden per kWh som avskrivningen innebär, enligt ekvationen,

$$EC_6 = \frac{CC * RT_{CP}}{RkWh}, \quad (4.3.6.2)$$

där RT_{CP} är antalet timmar i beräkningsperioden.

4.3.7 Beräkning av modulen för övriga förbrukningskostnader

Modulen för övriga förbrukningskostnaders funktion är att beräkna kostnaden för exempelvis förbrukning av kemikalier till eventuella katalysatorer. På grund av de många olika tänkbara förbrukningar som kan ingå i denna modul, ges bara den generella ekvationen hämtad från avsnitt 4.2,

$$EC = \frac{Q_1}{RkWh} + \frac{Q_2}{RkWh} + \dots + \frac{Q_n}{RkWh}, \quad (4.2.0.1)$$

som skrivs om till att bara innehålla en modul,

$$EC_7 = \frac{Q_n}{RkWh}. \quad (4.3.7.1)$$

Vid beräkning av delkostnaden Q_n , är det av vikt att samma beräkningsperiod som i de andra modulerna används. Även regel 4.1.2.2 bör tas i särskild beaktning.

4.4 Svårberäknade delkostnader

Metoden är approximativ. Detta medför att svårberäknade kostnader inte nödvändigtvis behöver beräknas exakt, utan kan uppskattas. Givetvis påverkar eventuella avvikelser i uppskattningarna, resultatets noggrannhet.

Ett exempel på detta är beräkningen av realproduktionen, som beräknas med ekvation 4.2.1.1. Där egenförbrukningen, som ingår i denna ekvation, approximativt kan tas fram med hjälp av tabellerna 1.12.3 och 1.12.4 från bilaga 1.

Beroende på hur fartyget är konstruerat, utrustat, samt besättningens rutiner, kan flera av kostnaderna i de olika modulerna även vara mer eller mindre svårberäknade. I enlighet med avsnitt 4.1.3 kan många fall kan förhållandevis korrekta uppskattningar göras med hjälp av systemkännedom, och grundläggande data rörande maskineriet.

I de fall där formlerna givna i de enskilda modulerna inte är lämpade för det specifika fartyget, kan kostnaden beräknas med ekvation 4.3.7.1 beskriven i avsnitt 4.3.7

4.5 Beräkningsexempel

Bilaga 4 ger en förenklad version av kaptitel 4, anpassad för att användas ombord. Den sammanfattar det som en juniorofficer behöver veta för att kunna använda beräkningsmetoden. Bilagan ger dock inte tillräckligt med bakgrundsinformation för att ovan nämnda officer ska kunna genomföra ett korrekt val av moduler. Utan det förutsätts att seniorofficerer tillsammans med parten för vilket elpriset beräknas, gör detta val då de har den bakgrundskunskap nödvändig för att göra ett korrekt val.

Beräkningarna i detta exempel följer strukturen i bilaga 4. Data i beräkningarna är hämtad från ett verkligt fartyg, i den utsträckning de fanns tillgängliga vid beräkningstillfället. Därefter har data kompletterats med uppgifter från motortillverkare, samt kvalificerade uppskattningar i enlighet med beräkningsmetodens approximativa natur.

4.5.1 Beräkning av den totala kostnaden per kWh

Då den totala kostnaden ska beräknas kommer alla moduler med undantag för modul tre och sju att beräknas. Modul tre beräknas ej då dieselgeneratorerna på det specifika fartyget körs på MGO, som inte renas ombord med separatorer. Modul sju beräknas ej då fartyget saknar katalysatorer för sina dieselgeneratorer, och de andra övriga förbrukningarna i detta fall bedöms vara försumbara.

4.5.1.1 Datainsamling

Beräkningsperioden, RT_{CP} , var 168,6 timmar. Detta är betydligt kortare än vad som rekommenderas. Fartyget befann sig under denna tid både till sjöss och i hamn, varpå både axelgenerator och dieselgeneratorer användes. Normalt användes dieselgeneratorerna under hamnbesök samt avgång och ankomst.

Fartygets fläktar är automatiska, och körs normalt på lågfart då fartyget ligger i hamn. Kombinerat med att HT- LT- och LUB- pumparna drivs av motorn, ger detta att ekvation C1 i tabell 1.12.4 i bilaga 1, ska användas vid beräkning av egenförbrukningen. Då fartyget har boxkylare, stryks den gråmarkerade delen av ekvationen.

Dieselgeneratorer och panna delade även på samma bränsle under beräkningsperioden.

Insamlad data presenteras nedan i beräkningarna.

4.5.1.2 Beräkning av realproduktionen

Fartyget saknar elmätare för att mäta mängden elenergi levererad av dieselgeneratorerna, dock har fartyget effektmätare installerade. Den nominella produktionen av elenergi, $NkWh$, är uppskattad genom att under en lossnings/lastningscykel, periodiskt anteckna effekten varpå

ett medelvärde beräknats. Fartyget genomförd under beräkningsperioden två cykler, medelvärdet är använt för att beräkna produktionen av elenergi.

Tabell 4.5.1.2.1, driftdata för beräkning av realproduktionen.

$NkWh =$	19939 kWh
$RT =$	77,3 h
$TRT =$	122 h (21+54+47)
$K_{drift} =$	1,58
$N =$	3 st
$X =$	2040 kW (680+680+680)
$x =$	680 kW (2040/3)

Driftdata sätts in i ekvationen C1, som ger att,

$$IkWh = [3 * (0,000965 * 680 - 0,27)] * 77,3 \approx 90 kWh.$$

Då fartyget har boxkylare stryks den gråmarkerade delen i ekvationen, detta leder till att endast fläktarnas förbrukning av elenergi beräknas, vilket ger det lägsta möjliga värdet på $IkWh$.

$RkWh$ kan nu beräknas genom ekvation 4.2.1.1, som ger att,

$$RkWh = 19939 - 90 = 19849 kWh.$$

4.5.1.3 Beräkning av volymkorrektionsfaktorer

Tabell 4.5.1.3.1, driftdata för beräkning av volymkorrektionsfaktorer.

$T(1) =$	20 °C
$T(2) =$	n/a, fartygets huvudmotor delar ej bränsle med dieselgeneratorerna
$T(3) =$	20 °C
$T(4) =$	n/a, då fartyget inte renar bränslet behöver inte VCF för bunkertankar beräknas
$T(L) =$	20 °C
$\rho_{fo} =$	872,2 kg/m ³
$\rho_{lub} =$	900 kg/m ³

Aktuella värden på volymkorrektionsfaktorerna utlästes i ASTM tabell 54B, där $VCF_{1,3} = 0,9960$ och $VCF_L = 0,9961$.

4.5.1.4 Beräkning av enskilda moduler

Modul 1, brännolja-modulen.

Fartygets dieselgeneratorer och pannan suger båda brännolja från samma tank. De saknar även flödesmätare till dessa. Volymflödet till dieselgeneratorerna är baserat på pejlvärden av denna tank där pannans uppskattade förbrukning dragits ifrån. Vidare är detta flödet extrapolerat, då tanken endast är pejlad under en lossnings/lastnings cykel, och fartyget genomförde två cykler under beräkningsperioden.

Tabell 4.5.1.4.1, driftdata för beräkning av brännolja-modulen.

$P =$	898 \$/mt \approx 5850 kr/ton (MGO) (6,514 kr per \$)
$\rho_{FO} =$	0,8722 ton/m ³
$VCF_I =$	0,9960
$V_I =$	4,85 m ³
$RkWh =$	19849 kWh

Ekvation 4.3.1.1 ger att,

$$EC_1 = \frac{5850 * 0,8722 * 0,9960 * 4,85}{19849} \approx 1,242 \text{ kr/kWh}.$$

Modul 2, smörjolja-modulen.

Fartyget fyller i regel inte på smörjolja, utan all olja byts var 1000:e drifttimma. Sumpen innehåller 230 l olja. Detta leder till att ekvation 4.3.1.1 inte kan användas som normalt utan att ekvation 4.3.7.1 används i enlighet med avsnitt 4.4

Tabell 4.5.1.4.2, driftdata för beräkning av smörjolja-modulen.

$P =$	524 €/100 l \approx 4532 kr/100 l (Cartrol TLX Plus 204) (8,649 kr per €)
$VCF_L =$	0,9961
$TRT =$	122 h
$RkWh =$	19849 kWh

Ekvation 4.3.7.1 ger att,

$$EC = \frac{Q_n}{RkWh}, \quad (4.3.7.1)$$

vidare kan Q_n beräknas,

$$Q_n = \frac{230 * 0,9961 * 122 * 45,32}{1000} \approx 1267 \text{ kr},$$

vilket leder till att,

$$EC_2 = \frac{1267}{19849} \approx 0,064 \text{ kr/kWh} .$$

Modul 3, sludgemodulen.

Stryks då fartyget inte renar dieselgeneratorernas bränsle.

Modul 4, reservdelsmodulen.

Reservdelskostnaden är uppskattad av motortillverkaren till 5 € per MWh vid drift med MDO. Baserat på 10 års drift med cirka 4000 driftstimmar per år och en medelbelastning under 75 %, samt att motortillverkaren gör all icke runtime service. Detta leder till att ekvation 4.3.1.1 inte kan användas som normalt utan att ekvation 4.3.7.1 används i enlighet med avsnitt 4.4

Tabell 4.5.1.4.3, driftdata för beräkning av reservdelsmodulen.

$NkWh =$	19939 kWh
$RkWh =$	19849 kWh

Ekvation 4.3.7.1 ger att,

$$EC = \frac{Q_n}{RkWh}, \quad (4.3.7.1)$$

vidare kan Q_n beräknas,

$$Q_n = \frac{5 * 8,649 * 19939}{1000} \approx 862 \text{ kr},$$

vilket leder till att,

$$EC_4 = \frac{862}{19849} \approx 0,043 \text{ kr/kWh} .$$

Modul 5, arbetskostnadsmodulen.

Antalet arbetade timmar i beräkningsperioden, h_n , är givet från fartyget. Timkostnaden, D_n , är uppskattad.

Tabell 4.5.1.4.4, driftdata för beräkning av arbetskostnadsmodulen.

$D_1 =$	460 kr/h (Chief)
$D_2 =$	370 kr/h (1:e Maskinist)
$D_3 =$	220 kr/h (Motorman)
$h_1 =$	0,5 h
$h_2 =$	2 h
$h_3 =$	2 h

$RkWh =$	19849 kWh
----------	-----------

Ekvation 4.3.5.1 ger att,

$$EC_5 = \frac{460 * 0,5 + 370 * 2 + 220 * 2}{19849} \approx 0,071 \text{ kr/kWh}.$$

Modul 6, kapitalkostnadsmodulen.

Kapitalkostnaden per timme, CC_d , är beräknad baserad på en linjär avskrivning på 25 år ner till ett värde av noll, med ett styckpris på 2,5 miljoner kronor per dieselgenerator.

Tabell 4.5.1.4.5, driftdata för beräkning av kapitalkostnadsmodulen.

$CC_d =$	34,2 kr/h (3 st dieselgeneratorer)
$RT_{CP} =$	168,6 h
$RkWh =$	19849 kWh

Ekvation 4.3.6.2 ger att,

$$EC_6 = \frac{34,2 * 168,6}{19849} \approx 0,290 \text{ kr/kWh}.$$

Modul 7, modulen för övriga förbrukningar.

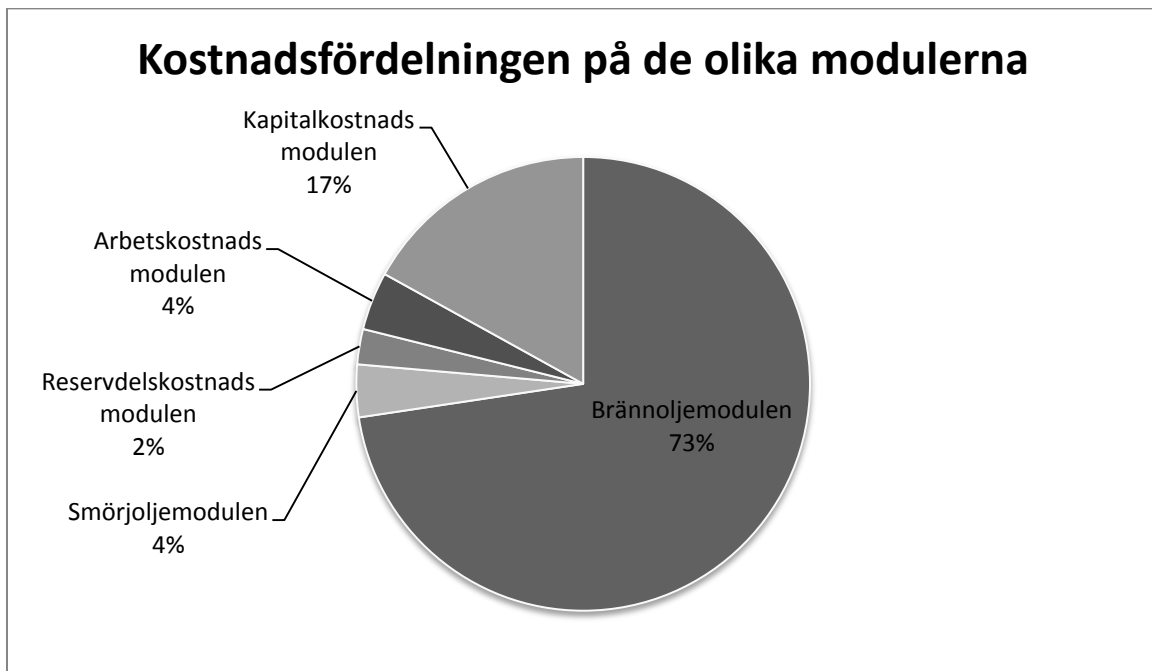
Stryks då fartyget inte har katalysatorer, och de andra övriga förbrukningarna antas vara försumbara.

4.5.1.5 Summering av enskilda moduler för att ge kostnaden per kWh.

Summering sker enligt ekvation 4.2.0.2, vilket ger att,

$$EC = 1,242 + 0,064 + 0,043 + 0,071 + 0,290 = 1,710 \text{ kr/kWh} .$$

Värdet som fås är inte ett representativt värde på vad en kWh elenergi kostar att producera ombord på fartyg generellt, utan hela avsnitt 4.5 är ett exempel på hur beräkningsmetoden kan användas.



Figur 4.5.1.5.1, kostnadsfördelningen av de enskilda modulerna i det totala elpriset.

5 Diskussion

I detta kapitel diskuteras metoden, resultat och källorna. Därmed kommer kapitlet att delas upp i tre avsnitt, metoddiskussion, resultatdiskussion och källdiskussion.

5.1 Metoddiskussion

Som det nämndes i metodkapitlet, startade arbetet med en huvudfråga, som bröts ner i en rad underfrågor. Detta gjorde att arbete startade på ett smalt område, med ett tydligt mål, för att sedan snabbt breda ut sig över flera teoriområden. En litteraturgenomgång användes för att studera dessa områden, där den teori som studerades valdes utifrån vilka underfrågor som hade ställts.

Den stora mängd teoretiskt material som gått igenom har lett till att nya frågeställningar angående kostnadsposter, och nya tankesätt, har utretts under arbetet med beräkningsmetoden. Det breda teorigreppet har stundtals även gjort det svårt att på ett adekvat sätt koppla ihop olika teordelar med resultatet. Det har dock haft den stora fördelen att fler relevanta moduler i beräkningsmetoden kunde utformas och valideras genom litteratur och produktguider. Arbetet började, efter insamlandet av teoretiskt material, smalna av och ej relevanta avsnitt ströks, för att fokusera på utarbetandet av beräkningsmetoden.

Under insamlandet av det teoretiska materialet för teorikapitlet kontaktades även flera rederier i syfte att få information till arbetet. Syftet var att bland annat undersöka hur rederierna ser på personalkostnader. Men även att få feedback på beräkningsmetoden, för att utforma den så att den anses relevant och användbar för brukarna, dvs rederier och besättningar. Intresset var dock väldigt svalt och ingen information kunde utvinnas från dem. Detta är en stor nackdel, då denna information kunde ha använts till att ytterligare validera och vidareutveckla resultatet i arbetet. Det hade även varit bra att få feedback på relevansen och deras inställning till vissa områden som undersöktes.

Författarna anser att en omfattande litteraturgenomgång var nödvändig, då detta resulterade i att en mer utförlig beräkningsmetod kunde utarbetas. Ska ett likanade arbete företas anses den valda metoden, med litteraturgenomgång, vara en bra arbetsmetod. Men för att ytterligare utveckla beräkningsmetoden rekommenderas andra undersökningsmetoder. Detta presenteras mer utförligt i rekommendationer för fortsatt forskning i slutsatskapitlet.

Författarna hade i början av arbetet en ambition att kunna genomföra omfattade test av beräkningsmetoden. Detta bland annat genom flera studier, där beräkningsmetoden används. Det skulle dels tjäna till att ge flera beräkningsexempel, samt att utvärdera och validera beräkningsmetoden. Det genomfördes dock endast en studie, som dessutom utfördes i mindre omfattning än vad som hade varit önskvärt. En av anledningarna till denna utveckling är att de rederier som kontaktades inte visade något intresse att delta.

5.2 Resultatdiskussion

I detta avsnitt behandlas först frågan huruvida rapportens resultat besvarar frågeställningen. Därefter diskuteras eventuella starka och svaga sidor av den approximativa beräkningsmetoden och beräkningsexemplet.

5.2.1 Uppfyllandet av frågeställningen

I arbetets frågeställning ställs följande underfrågor:

- *Vilka kostnader ska inkluderas i beräkningsmetoden?*
- *Vilka kostnader är att anse som svårberäknad?*
- *Hur ska svårberäknade kostnader hanteras?*
- *Hur bör beräkningsmetoden utformas, med avseende på,*
 - *Användarvänlighet*
 - *Hantering av ej applicerbar data*
 - *Beräknings assistans*

Av dessa besvaras första frågan i avsnitt 4.1.1. Tidigt framkom det även att kostnader som härrör från emissioner är väldigt svårberäknade, varpå dessa avgränsades bort och inte togs med i beräkningsmetoden.

Emissionskostnaderna anses kunna delas upp i samhällsekonomiska kostnader och direkta kostnader som till exempel farledsavgifter. Den viktigaste anledningen till att samhällsekonomiska kostnader inte tas upp i beräkningsmetoden är att de är kostnader som redaren inte betalar för, och därför enligt regel 4.1.2.1 inte ska beräknas. Vidare är dessa otroligt svåra att uppskatta och beräkna. De direkta kostnaderna från emissioner som till exempel härstammar från farledsavgifter är däremot inte svåra att beräkna för fartyget i stort. Men då dessa avgifter gäller utsläpp från fartyget som helhet, vilket inkluderar huvudmaskin, blir det svårt att separera kostnaderna.

Omfattande diskussioner fördes kring ämnet svårberäknade kostnader. Utöver emissionskostnader, anser författarna att de fallen då dieselgeneratorerna och huvudmaskin delar på kringsystem, är att betrakta som svårberäknade kostnader. Enligt avsnitt 4.1.1 ges följande riktlinje för hanteringen av denna:

En approximativ riktlinje i de fall dieselgeneratorerna och ett eventuellt huvudmaskineri delar på kringsystem, är att kostnaderna för dessa bärs av huvudmaskineriet i de fall då huvudmaskineriets genomsnittliga effekt väsentligt överstiger dieselgeneratorernas genomsnittliga effekt.

Riktlinjen fungerar på sådant sätt, att de fallen då dieselgeneratorm står för en liten del av den förbrukade resursen, exempelvis; sjöväten, brännolja, förbrännings och kyl Luft, start och manöverluft, försummas dieselgeneratorms del. Detta innebär att kostnaden rent teoretiskt bärs

helt och hållet av huvudmaskin. Detta görs för att förenkla beräkningsmetoden så att den blir användbar för besättningen.

Ytterligare ett område som anses vara svårberäknat är dieselgeneratorernas egenförbrukning av elenergi. I egenförbrukningen ingår många av de kringssystem som eventuellt delas av dieselgeneratorer och huvudmaskineri. För att förbättra användarvänligheten ges möjligheten att använda en matris och en tabell med ekvationer, i avsnitt 4.2.1, för beräkning av egenförbrukningen. Alternativet är att mäta egenförbrukningen med fast eller portabel utrustning. Detta medför dock risk för gränsdragningsproblematik i de fall dessa delar på kringssystem. Avsnitt 4.4 ger vidare vägledning i detta ämne, och de fall då de data som finns tillgänglig inte är applicerbar i de enskilda modulerna.

Sist i resultatkapitlet ges ett beräkningsexempel, som stöd och assistans.

5.2.2 Beräkningsmetoden

Nedan behandlas den utvecklade beräkningsmetodens för- och nackdelar. Vidare granskas det genomförda beräkningsexemplet kritiskt i syfte att fastställa om det framräknade priset är representativt och trovärdigt.

5.2.2.1 Undersökning av befintliga metoder

Tidigt i arbetet undersöktes om det fanns någon färdigutvecklad metod för kostnadsberäkning för elproduktion. Eftersökningarna visade att det fanns ett antal utvecklade metoder, men att dessa var till för landbaserade anläggningar vars enda syfte var att producera elektricitet. Vid närmare granskning av dessa metoder, bland annat LCOE, konstaterades att de inte var applicerbara ombord på fartyg. Anledningen till det grundar sig i att fartygs huvudsyssla generellt inte är att producera el, medan en kraftanläggning till land har elproduktion som primärsyssla. För landbaserade anläggningar innebär detta att alla kostnader som går in i anläggning läggs ut på elpriset. För fartyg innebär det alla ingående kostnader läggs ut på dess huvudsyssla, inte elproduktionen.

Vidare bygger LCOE-beräkningarna på TLCC, Total Life Cycle Cost, alltså en kostnad baserad på anläggningens förväntade livslängd. Detta är en stor skillnad mellan LCOE och den approximativa beräkningsmetoden. I den utvecklade beräkningsmetoden används värden som dieselgenerator faktiskt har producerat och förbrukat istället för uppskattade värden på vad anläggningen kommer att producera och förbruka.

Detta stärkte författarnas uppfattning om att det behövs en beräkningsmetod anpassad för sjöfarten, för att ge en mer rättvisande bild av elproduktionskostnaden.

5.2.2.2 Pris på olja och kemikalier

En fråga som diskuterats under arbetets gång är om medelpriset, inköpspriset eller aktuellt dagspris på bränsle, smörjolja och kemikalier bör användas. Författarna anser att det pris som bör användas beror på vad man är ute efter att utreda med beräkningsmetoden. Efter överläggningar ansågs det att en revisor i detta sammanhang skulle värdera en förbrukning till det högsta anskaffningsvärdet eller återanskaffningsvärdet. Detta för att få ett produktionspris för en kWh elenergi som är så aktuellt som möjligt. Med detta sagt går beräkningsmetoden att anpassa så att fartyg kan använda det pris, medelpris eller aktuellt pris, som de anser mest givande med hänsyn till deras förutsättningar.

5.2.2.3 Arbetskostnader

Frågorna som ställt på detta område har inkluderat hur underhållsarbete utfört av den egna personalen ska värderas, vad som ingår i arbetskostnaden och hur stor kostnaden är.

Exempel på diskussioner som förts är om ett rederi till exempel anser att arbetskostnaden är gratis. Detta anses av författarna vara ett godtyckligt sätt att se på arbetskostnaden. Om fartyget endast är bemannat med minimumbesättning, enligt flaggstatens krav, så kostar fortfarande deras arbete. Vilket är ytterligare ett exempel på en gränsdragningsproblematik, där vissa aktörer kan anse att kostnader baserat på flaggstatens krav bör läggas på frakten och inte enskilda arbetssysslor ombord. Fallet behandlas av regel 4.1.2.2, att ”*Endast kostnader relevanta för ändamålet ska beräknas*”. Vilket innebär modulen stryks i de fall den inte anses relevant.

Dialog har förts om vad som ingår i arbetskostnaderna. Exempelvis diskuteras om kostnader för arbetsledning, administrativa stödresurser som löneutbetalning och personalavdelning, samt om kostnader för verktyg och lokaler ska ingå. Djupare studier visar dock att arbetskostnaden har definierats av EU i EG nr 1737/2005, som tas upp närmare i avsnitt 4.3.3. Förordningen inkluderar inte dessa poster. Författarna tog därför beslutet att den modell som presenteras där skulle användas. Anledningen till det beslutet är strävan att nyttja befintliga standarder för att förbättra användarvänligheten.

5.2.2.4 Avskrivningar

Modulen som behandlar avskrivningskostnaderna bygger på antagandet att en linjär avskrivning ner till ett restvärde av noll används. Det finns visst belägg för detta i arbetet av Eliason, Ljungblom och Ragnarsson (2006). Denna magisteruppsats behandlar endast svenska onoterade rederier. Även om beräkningsmetoden inte har samma begränsningar, har ytterligare källor inte konsulterats av författarna för att undersöka om detta stämmer för noterade och onoterade, nationella och internationella rederier. Detta anses inte vara ett problem då avsnitt 4.4 ger vägledning om rederiet använder en annan avskrivningsmodell.

Vidare har avskrivningsmodulens relevans diskuterats flitigt. Det anses att modulen är relevant då det totala elpriset ska beräknas. Dock är användningsområdet i praktiken idag obefintligt för fartyg, då det totala priset primärt är intressant då el ska säljas till annan part. Ett exempel på försäljning av el till annan part finns i avsnitt 6.1, förslag på fortsatta arbetsområden. Modulen finns idag primärt med ur ett akademiskt syfte, då den kompletterar och ger ett helhetsintryck av kostnaderna att producera elenergi. Som en parentes bör nämnas att inköpspriset och därav avskrivningskostnaderna, är högst relevanta då en dieselgenerator ska nyanskaffas. Den approximativa beräkningsmetoden är dock inte lämplig att använda i dessa fall då den bygger på att verklig driftdata ska användas.

5.2.2.5 Felkällor

Det finns två olika typer av felkällor i den approximativa beräkningsmetoden, felkällor som är inbyggda i beräkningsmetoden, samt användarrelaterade felkällor.

Inbyggda felkällor syftar till sådant som metoden exkluderar eller förenklar. Exempel på detta är de råd som ges om hur data ska samlas in, hur delade kringssystem ska behandlas och hur egenförbrukningen av elenergi kan approximeras. Detta är mekanismer inbyggda i beräkningsmetoden som ger upphov till fel i beräkningarna. De anses däremot av författarna vara nödvändiga förenklingar som syftar till att öka användarvänligheten, och att det sammantaget handlar om små fel om råden följs.

Användarfel syftar på fel som sker i samband med användning av beräkningsmetoden. Det kan innebära att man använder felaktig data, väljer fel moduler eller hanterar moduler på ett felaktigt sätt. En bra tumregel för detta är att resultatet aldrig kan bli bättre än det data som används. Därför bör användarna, oavsett om det är rederi eller ombordanställda, vara noggranna när data ska samlas in. Samt vara införstådda i hur beräkningsmetoden ska användas.

Vidare anses det att viss pragmatism när det gäller kända felkällor, faller inom ramen för beräkningsmetodens approximativa natur. Att resultatet som ges av metoden inte helt överensstämmer med verkligheten anses inte som ett problem, såvida den beräknande parten känner till att så är fallet.

5.2.2.6 Kritik mot matrisen för beräkning av egenförbrukningen av elenergi

Matrisen som finns i avsnitt 4.2.1 bygger på beräkningarna i bilaga 1. Dessa i sin tur bygger på antagandet ”det inte finns något nytt under solen”. Det vill säga, att alla fartyg följer något slags grundrecept, med ett fåtal variationer. Vidare är all data taget från nuvarande motorkonfigurationer och grova förenklingar är gjorda för att möjliggöra beräkningarna.

Med det sagt så bygger beräkningarna på data från tre stora motortillverkare och 148 olika motorer/motorkonfigurationer/driftfall. Av graferna i bilaga 1 framgår det att värdena för

motorernas luftförbrukning, kylbehovet och värmestrålning är väldigt lika varandra, oberoende tillverkare, modell och driftfall. Där framstår antagandet om att ”det inte finns något nytt under solen” vara korrekt.

Beräkningarna är i de flesta fallen gjorda konservativt, det vill säga att de hellre ska ge ett för lågt värde på egenförbrukningen än ett för högt. Det finns dock ett stort behov av att förbättra, testa och validera dessa beräkningar. En undersökning av områden som uteslutits ur beräkningarna och dess påverkan är högst intressant och skulle stärka forskningen. Ett exempel på att detta behövs går att utläsa mellan raderna i beräkningsexemplet, där egenförbrukningen beräknas till så lite som 90 kWh. Där uppgår de uteslutna förbrukningarna sannolikt till betydande belopp, jämfört med resultatet av beräkningen. Vidare går det att diskutera till om egenförbrukningen överhuvudtaget ska beräknas i det fallet, då den endast uppgår till ca 0,5 % av den nominella elenergiproduktionen.

Som jämförelse i diskussionen kan nämnas att om fartyget hade haft ett driftfall (och inga boxkylare), som resulterade i att ekvation A4 använts, så hade samma siffra uppgått till ca 15 %. Ekvation A4 är dock ett driftfall som kan motsvara dieselektriskt framdrift av fartyget i tropiska vatten, i full fart. Vilket i detta exempel ger en orimligt hög förbrukning av elenergi, på grund av att inte ens en tredjedel av det levererade sjövattnet eller luften förbrukas. I ett mer verklighetstroget exempel, då ekvationen används på fartyg den är avsedd för, hade ekvationen sannolikt gett ett resultat närmare 5 % uppskattat författarna. Ett högt värde, men inte chockerande högt med tanke på att fläktar samt sjövattnen- kyl- och smörjoljepumpar drivs av elmotorer i ekvation A4.

Det bör även riktas särskild kritik mot den delen av beräkningarna i bilaga 1, som berör fläktarna. Dessa är på sin höjd tvivelaktiga, och bygger på grova generaliseringar. Dialoger fördes mellan författarna och utomstående om huruvida dessa skulle strykas ur beräkningarna på grund av den stora osäkerheten som råder kring dem. Det enades om att de sannolikt, i majoriteten av fallen ger en mer korrekt bild av egenförbrukningarna om de är inkluderade, än om de är exkluderade. Ska förbättringsarbete påbörjas av beräkningarna i bilaga 1, är det därför högst lämpligt att starta med att förbättra beräkningarna som rör fläktarna.

Ett annat område av intresse, är att undersöka hur väl dessa beräkningar stämmer på äldre fartyg då de bygger på nuvarande data. Eventuella fel baserade på fartygets ålder kommer dock att minska allt eftersom, då äldre fartyg skrotas. Vidare anser författarna att om en approximation av dieselgeneratorernas egenförbrukning av elenergi ska användas i eventuella framtida versioner, bör denna revideras regelbundet för att på ett korrekt sätt representera den aktuella världsfloTTan. Ett annat alternativ är att varvet, under byggnationen, skräddarsyr ekvationer för beräkning av egenförbrukningen av elenergi.

5.2.2.7 Kritik mot beräkningsmetoden och beräkningsexemplet

Den framtagna beräkningsmetoden kan, och behöver utvecklas ytterligare. Primärt rör det sig om att testa och validera beräkningsmetoden. Delar av beräkningsmetoden kan även behöva revideras baserat på de fynd som görs.

I beräkningsexemplet tillhandahålls ett prov på hur metoden kan användas. Det framkom i och med detta brister i beräkningsmetoden som författarna inte förutsett. Bland annat att fartyget, i exemplet, använde boxkylare vilket ledde till en revidering av avsnittet 4.2.1. Men även mer allvarliga brister, då fartyget inte har elmätare eller flödesmätare för brännoljan. Den förstnämnda är så pass väsentlig för beräkningsmetoden att detta fartyg egentligen inte borde använda denna beräkningsmetod för att beräkna kostnaden. Den andra bristen strider mot rekommendationerna att inte uppskatta brännoljaförbrukningen.

Det bör även nämnas att datainsamlingen för beräkningsexemplet endast sträckte sig över en vecka. I avsnittet 4.1.3, driftdatainsamling, nämns det att beräkningsperioden med fördel kan vara inom spannet en månad till ett år. Detta är en medvetet vag rekommendation som understöds med en kommentar om inverkan av en allt för kort eller lång beräkningsperiod. Författarna anser alltså att beräkningsexemplet nyttjade en för kort beräkningsperiod. Anledningen till den korta perioden är att driftdatainsamlingen är gjord av en bekant inom sjöfarten, och denne har ej haft möjligheten att genomföra en längre datainsamling på grund av tidsbrist från författarnas sida.

De data som beräkningarna i exemplet bygger på, är baserade på information från denna driftdatainsamling samt kompletterande uppgifter från andra parter. Det innebär att beräkningsexemplet endast är delvis baserat på ett verkligt fartyg, vilket inte är idealt. Med det sagt, finns det utrymme att förbättra beräkningsexemplet och erhålla en mer korrekt kostnad. Det bör främst göras genom att ta samtlig information som behövs i beräkningen, från ett och samma rederi/fartyg. Samt att förutsättningarna på fartyget är sådana så att alla moduler kan beräknas. Detta är också en av anledningarna till att författarna understryker att beräkningsexemplet endast ska ses som ett exempel på hur beräkningsmetoden kan användas, inte som något slags resultat på vad en kWh elenergi generellt kostar att producera ombord.

5.3 Källdiskussion

I huvudsak har arbetet bestått av en litteraturgenomgång. Vilket inneburit att en stor mängd text av olika slag har gått igenom. Litteraturen har i huvudsak bestått av läroböcker, vetenskapliga rapporter och en stor mängd produktguider. Vissa av dessa källor kan kritiseras för bristande vetenskaplig koppling, hög ålder med mera, och behöver därav granskas närmare. Överlag har ansträngningar gjorts för att hitta källor med god trovärdighet, för att ge tyngd och reliabilitet åt arbetet. För att visa på pålitligheten och relevansen av de använda källorna kommenteras ett urval av dem nedan.

5.3.1 Vetenskapliga texter och litteratur

Magisteruppsatsen av Eliason, Ljungblom och Ragnarsson från 2006, rör hur onoterade svenska rederier gör fartygsavskrivningar. I arbetet framkommer att majoriteten av fartygen skrivs av linjärt under 16-20 år till ett restvärde av noll. Källan anses relevant för beräkningsmetoden, och modulen för avskrivningskostnaderna baseras därför på en linjär avskrivning. Frågor har rests om resultatet i källan även stämmer för noterade, onoterade, nationella och internationella rederier. Då beräkningsmetoden i enighet med avsnitt 4.4, har en viss inbyggd flexibilitet, finns vägledning i de eventuella fall där en linjär avskrivning inte skulle användas.

Diesel Engines, av Kuiken från 2008, består av två stora omfattande böcker. Denna behandlar en mängd olika områden gällande dieselmotorer översiktligt. Detta innebär att källan inte innehåller ingående information, utan lätt blir generaliserande. Då beräkningsmetoden i många avseende är starkt generaliserande, anses den dock ge tillräckligt ingående information för att vara användbar och trovärdig.

Den tredje utgåvan av boken, Depreciation: principles and applications, av Saliers från 1939, används i teorikapitlet om avskrivningar. På grund av sin ålder behöver informationen i denna bok granskas närmare för att avgöra om den fortfarande är aktuell. Författarna har konstaterat att vissa teorier i denna bok är föråldrade, men att det som skrivs om avskrivningen grunder, vilket är det som används i arbetet, fortfarande är relevant och aktuell. Vidare har denna information också verifierats via andra källor.

5.3.2 Övriga texter

Detta arbete innehåller en stor mängd information som har hämtats från olika typer av produktguider, vilka har hämtats från respektive tillverkares hemsida. Det bör uppmärksammas att informationen som tagits från dessa manualer inte kommer från vetenskapliga texter, utan är tillhandahållet av företagen själva.

Författarna anser att den information som tagits från dessa är pålitlig. Ett exempel är att motortillverkarna garanterar viss data, gällande prestanda. Resultatet av att produkten inte uppfyller dessa data kan leda till kostsamma ombyggnationer av produkten från tillverkarens sida, samt ett skadat rykte. Det föreligger alltså ingen anledning för företagen att direkt ljuga om produktens prestanda. Dock misstänker författarna att det förekommer försök att försvåra jämförelse av produkten gentemot konkurrerande tillverkare, genom att exempelvis mäta prestanda enligt olika standarder.

5.3.3 Muntliga källor

I arbetets beräkningsexempel används muntliga källor. På grund av konkurrensskäl med flera, tillämpar författarna källskydd i detta avsnitt. Då beräkningsexemplet primärt används för att demonstrera beräkningsmetoden anser författarna att källskyddet är av större vikt än möjligheten att återupprepa beräkningarna på det specifika fartyget.

6 Slutsatser

Beräkningsmetoden består av sju olika moduler, vilka behandlar olika kostnader som ingår i produktionen av elektrisk energi med dieselgeneratorer ombord på befintliga fartyg. Riktlinjer till hur datainsamling ska genomföras, vilka moduler som ska beräknas, gränsdragning vid särskiljning av kostnader, med flera ges. Vidare innehåller bilaga 4, en avskalad version av resultatkapitlet för praktiskt bruk ombord vid användning av beräkningsmetoden.

Beräkningsmetoden behandlar, i de fall alla sju moduler beräknas, kostnader för förbrukad brännolja och smörjolja, inkluderat kostnaden för den brännolja som frånskiljs i separatorerna. Samt kostnader för reservdelar, arbetstid, avskrivning, och övriga förbrukningar, exempelvis kemikalier till en eventuell katalysator.

Ett beräkningsexempel för demonstration av beräkningsmetoden tillhandahålls sist i resultatkapitlet. Beräkningarna följer strukturen i bilaga 4 och ger på så vis en praktisk demonstration av beräkningsmetoden. I detta exempel beräknas de fem modulerna som, enligt förutsättningarna för det specifika fartyget, ger det totala priset per kWh elenergi. Resultatet av dessa beräkningar återfinns på sidan 30. Beräkningsexemplet ska endast ses som ett exempel på hur beräkningsmetoden kan användas och inte som något slags resultat på vad en kWh elenergi generellt kostar att producera ombord. Detta i enlighet med kritiken i avsnitt 5.2.2.7.

Sammantaget anses det att den utvecklade beräkningsmetoden ger en god inblick i den verkliga kostnaden för elproduktion ombord. Det anses också att beräkningsmetoden är bättre än kostnadsberäkningar där bara bränslekostnaden beräknas, som författarna upplevt i många fall använts ombord. Det finns fortfarande utrymme att förbättra metodens noggrannhet och användarvänlighet.

6.1 Förslag på fortsatta arbetsområden

Förslag på vidare arbete presenteras i två grupper. Båda dessa är relaterade till beräkningsmetoden som presenteras i detta arbete.

Den första gruppen rör vidare forskning och förbättringsarbete av den approximativa beräkningsmetoden. Goda möjligheter till förbättring finns genom utvärdering av beräkningsmetoden. Förslagsvis görs detta i tre steg. Först genom ett antal kvalitativa fallstudier, som utreder hur beräkningsmetoden fungerar att tillämpa i verkligheten på olika fartygstyper. Därefter kan erfarenheter som erhålls från dessa studier tjäna till att revidera beräkningsmetoden. För att slutligen utvärdera beräkningsmetoden i en större kvantitativ studie. Det bör leda till att brister kan rättas till och användarvänligheten kan ökas ytterligare.

En annan möjlighet till vidare forskning är, att ta fram ett förslag till standard på hur dieselgeneratorernas egenförbrukning kan beräknas och vad som ska ingå i dessa beräkningar. Detta för att möjliggöra för varven att skraddarsy ekvationer till specifika fartyg, gällande approximation av egenförbrukningen. Dessa skraddarsydda ekvationer skulle tjäna till att ge ett mer korrekt värde vid användning av beräkningsmetoden.

Vidare är ett arbete som syftar till att ge praktisk handledning vid implementation av beräkningsmetoden intressant. Där utökade råd ges rörande datainsamling, vilka system som bör ha mätutrustning permanent installerad och hur arbetet med beräkningsmetoden kan implementeras i den dagliga driften. Detta är ett arbete som ligger till grund för nästa grupp; tillämpning av resultatet av beräkningsmetoden.

Ett tillämpningsområde är en utredning av möjligheten att ta betalt för faktisk energiförbrukning för till exempel kylcontainers. Detta är ett exempel på försäljning av el till annan part som diskuteras i avsnitt 5.2.2.4. Ett annat förslag till utredning, är om besparande åtgärder för att minska förbrukningen av elenergi, kan ge en högre eller lägre charterkostnad. Båda dessa möjligheter är direkt knutna till att en trovärdig kostnad för elenergin kan beräknas.

Referenser

Förklaring till referenser,

- = referenser som används i arbetet,
- = referenser som används i bilagorna.

- ABB. (2009) Teknisk information IEC 60034-30-standarden om verkningsgradklasser för AC-motorer för lågspänning. *ABB*. Tillgänglig på:
[http://www02.abb.com/global/seabb/seabb364.nsf/0/6434c24e0f468e9bc125766a00356e7f/\\$file/nya+verkningsgradsklasserna+rev+a+2009.pdf](http://www02.abb.com/global/seabb/seabb364.nsf/0/6434c24e0f468e9bc125766a00356e7f/$file/nya+verkningsgradsklasserna+rev+a+2009.pdf) [2014-02-14]

- Anderson, H H. (1994) *Centrifugal PUMPS AND Allied Machinery*. Fjärde upplagan. Oxford: Elsevier Advanced Technology. Tillgänglig på:
http://books.google.se/books?id=lvrEknnQuAQC&printsec=frontcover&hl=sv&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [2014-02-11]

- American Society for Testing and Materials (ASTM). American Petroleum Institute. The Institute of Petroleum. (1980) *Petroleum measurement tables, volume IX, ASTM D1250-80*. Philadelphia: ASTM.

- Bawah, U. Addoweesh, K E. Eltamaly, A M. (2013) Comparative study of economic viability of rural electrification using renewable energy resources versus diesel generator option in Saudi Arabia. *Journal of renewable and sustainable energy*, vol. 5, nr 4. Tillgänglig på: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4812646> [2014-01-15]

- Björk, L E. et al. (1998) *Formler och Tabeller från Natur och Kultur*. Första upplagan. Stockholm: Natur och Kultur.

- Blom, K. Carlsson, M. (2013) *Ett explosionsfritt vevhus – En studie om möjligheten att skapa en obrännbar miljö i vevhuset på fartygsmotorer för att förhindra eller förmildra konsekvenserna vid en eventuell vevhusexplosion*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. (Institutionen för sjöfart och marin teknik).

- Bokföringsnämnden. Bokföringsnämndens vägledning, materiella anläggningstillgångar. *Bokföringsnämnden*. Tillgänglig på:
<http://www.bfn.se/redovisning/VAG/VL01-3-materiellaAT.pdf> [2014-01-31]

- Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG. (2012) *M 20 C Product Guide Generator Set*. Upplaga 2012.08. Tillgänglig på:
http://marine.cat.com/cda/files/953434/7/Project%20Guide%20M20C%20Genset_08_2012.pdf [2014-02-04]

- Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG. (2011) *M 25 C Product Guide Generator Set*. Upplaga 2011.08. Tillgängligt på:
http://marine.cat.com/cda/files/953436/7/Project%20Guide%20M25C%20Genset_09.2011.pdf [2014-02-04]
- Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG. (2011) *M 32 C Product Guide Generator Set*. Upplaga 2011.07. Tillgänglig på:
<http://marine.cat.com/cda/files/953500/7/Project%20Guide%20M%2032%20C%20Genset%2009.2011.pdf> [2014-02-04]
- Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG. (2012) *WM 32 C Product Guide Generator Set*. Upplaga 2012.08. Tillgänglig på:
http://marine.cat.com/cda/files/953497/7/Project%20Guide%20VM32C%20Genset_08.2012.pdf [2014-02-04]
- Commission of the European communities. (2009) Commission Regulation (EC) No 640/2009 of 22 July 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for electric motors. *Official Journal of the European Union*. L191, vol.52, 23 July 2005. Tillgänglig på: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:191:FULL:EN:PDF> [2014-02-10]
- Eliason, S. Ljungblom, A. Ragnarsson, M. (2006) *Fartygsavskrivningar - en undersökning av hur svenska onoterade rederier väljer att göra avskrivningar på sina fartyg*. Göteborg: Göteborgs universitet, Handelshögskolan. (Magisteruppsats inom Företagsekonomi Externredovisning och Företagsanalys). Tillgänglig på: <https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/4384/1/06-07-85M.pdf> [2014-01-15]
- Elovsson, S O. Alvarez, H. (1996) *Energiteknik Formler och tabeller*. Upplaga 2:12. Lund: Studentlitteratur AB.
- Equasis. The world merchant fleet in 2012 - Statistics from Equasis. *Equasis*. Tillgänglig på: www.emsa.europa.eu/implementation-tasks/equasis-a-statistics/download/2432/472/23.html [2014-03-20]
- Europeiska Gemenskapens kommission. (2005) KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EG) nr 1737/2005 av den 21 oktober 2005 om ändring av förordning (EG) nr 1726/1999 avseende definition och översändning av uppgifter om arbetskraftskostnader. *Europeiska unionens officiella tidning*. L279, årgång 48, 22 oktober 2005. Tillgänglig på: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:279:0011:0031:SV:PDF> [2014-02-24]
- Future Energy Solutions et al. (2003) European guide to pump efficiency for single stage centrifugal pumps. *Europump*. Tillgänglig på: http://europump.net/uploads/order%20forms/EU_pumpguide_final.pdf [2014-02-11]

- Fläkt Woods (2012) Cirkulära kanaler & tekniska produkter Veloduct. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.com/0/0/2/5dd3190a-4ad6-4bcf-b0aa-ea949b1618b0> [2014-02-26]
- FläktWoods (2004) Axialfläkt JM Aerofoil Tekniska data 2004 Fläktval. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.se/68f830cb-36ac-4eb7-a900-d81783d61886> [2014-02-26]
- FläktWoods (2004) Axialfläkt JM Aerofoil Tekniska data 2004 Montage K-faktorer. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.se/64a22059-a8d8-4dba-b406-459746d20680> [2014-02-26]
- FläktWoods (2012) Marine Application Ducts and Air Terminal Devices 2012. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.com/e5ce304c-5e8c-4f01-bfe0-2294dff9e71> [2014-02-27]
- FläktWoods (2004) Axialfläkt JM Aerofoil Tekniska data 2004 Fläktdiagram 315-560. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.se/ed00df72-4bda-4186-8e90-2371bf23ff88> [2014-02-26]
- FläktWoods (2004) Axialfläkt JM Aerofoil Tekniska data 2004 Fläktdiagram 630-800. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.se/bf4744fd-f4cb-47a9-b670-8d747bea61b3> [2014-02-26]
- FläktWoods (2004) Axialfläkt JM Aerofoil Tekniska data 2004 Fläktdiagram 900-1120. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.se/ac6e58d4-d250-43cb-b9df-04924e759970> [2014-02-26]
- FläktWoods (2004) Axialfläkt JM Aerofoil Tekniska data 2004 Fläktdiagram 1250-1600. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.se/a2248b95-dd52-42e5-8b2b-36eea36cffb4> [2014-02-26]
- FläktWoods (2004) Axialfläkt JM Aerofoil Tekniska data 2004 Motorstorlekar. *Fläkt Woods*. Tillgänglig på: <http://www.flaktwoods.se/7a07a6d2-0b19-494a-8c74-bc9356b09244> [2014-02-26]
- Hedén, Anna. *Undervisningsmaterial i Juridisk och ekonomisk översiktscurs 2013* Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Hellborg, Therese. (2014) [digitala illustrationer]
- Ihre, R. (2009) *Handbok i sjö rätt och närliggande ämnen*. Stockholm: Advokatfirman Ihre AB.
- ISO, (The International Organization for Standardization). (1998) *ISO 8861:1998(E) Shipbuilding — Engine-room ventilation in diesel-engined ships — Design requirements and basis of calculations*. Andra upplagan. Genève: ISO.

- Johnson, H. Johansson, M. Andersson, K. (2013) Barriers to improving energy efficiency in short sea shipping: an action research case study. *Journal of Cleaner Production*, vol. 66. Tillgänglig på: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.046> [2014-04-05]
- Johansson, K-E. (1997) *Driftsäkerhet och underhåll*. Upplaga 2:11. Lund: Studentlitteratur AB.
- Kuiken, K. (2008) *Diesel Engines - For Propulsion And Power Plants Part 1-2*. Onnen: Target Global Energy Training.
- MAN Diesel & Turbo. (2013) *L16/24 Product Guid - Marine Four-stroke GenSet compliant with IMO Tier II*. Upplaga 2013.11.11. Tillgänglig på: http://www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L16-24_GenSet_TierII.pdf [2014-02-12]
- MAN Diesel & Turbo. (2013) *L21/31 Product Guid - Marine Four-stroke GenSet compliant with IMO Tier II*. Upplaga 2013.11.11. Tillgänglig på: http://www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L21-31_GenSet_TierII.pdf [2014-02-03]
- MAN Diesel & Turbo. (2013) *L23/30H Product Guid - Marine Four-stroke GenSet compliant with IMO Tier II*. Upplaga 2013.11.11. Tillgänglig på: http://www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L23-30H_GenSet_TierII.pdf [2014-02-03]
- MAN Diesel & Turbo. (2013) *L23/30H Mk2 Product Guid - Marine Four-stroke GenSet compliant with IMO Tier II*. Upplaga 2013.11.11. Tillgänglig på: http://www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L23-30H_GenSet_Mk2.pdf [2014-02-03]
- MAN Diesel & Turbo. (2013) *L27/38 Product Guid - Marine Four-stroke GenSet compliant with IMO Tier II*. Upplaga 2013.11.11. Tillgänglig på: http://www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L27-38_GenSet_TierII.pdf [2014-02-03]
- MAN Diesel & Turbo. (2013) *L28/32H Product Guid - Marine Four-stroke GenSet compliant with IMO Tier II*. Upplaga 2013.11.11. Tillgänglig på: http://www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L28-32H_GenSet_TierII.pdf [2014-02-03]
- MAN Diesel & Turbo. (2013) *L32/40 Product Guid - Marine Four-stroke GenSet compliant with IMO Tier II*. Upplaga 2013.11.11. Tillgänglig på: http://www.mandieselturbo.com/download/documents/ProjectGuides4Stroke/L32-40_GenSet_TierII.pdf [2014-02-10]

- MAN Diesel & Turbo. (2013) *32/44 CR Product Guid - Marine Four-stroke diesel engines compliant with IMO Tier II*. Upplaga 2013.11 / 3.0. Tillgänglig på: <http://www.mandieselturbo.com/projectguidesengine/data/32-44CR%20IMO%20Tier%20II%20%E2%80%93%20Marine.pdf> [2014-02-07]
- Rajgor, G. (2012) Cost calculation conundrums. *Renewable Energy Focus*, Vol. 13, nr 1. Tillgänglig på: [http://dx.doi.org/10.1016/S1755-0084\(12\)70013-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1755-0084(12)70013-3) [2014-02-17]
- Redovisningsrådet. (1999) *Materiella Anläggningstillgångar*. Bokföringsnämnden. Tillgänglig på: <http://www.bfn.se/redovisning/RADET/RR/RR12.pdf> [2014-02-04]
- Rubin, E. et al. (2013) *Toward a common method of cost estimation for CO₂ capture and storage at fossil fuel power plants*. Canberra: Global CCS Institute. Tillgänglig på: <http://cdn.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/85761/toward-common-method-cost-estimation-ccs-fossil-fuel-power-plants-white-paper.pdf> [2014-03-20]
- Saliers, E A. (1939) *Depreciation: principles and applications*. Tredje upplagan. New York: Ronald Press. Tillgängligt på: <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015065121819;view=1up;seq=53> [2014-02-03]
- Short, W. Packey, D J. Holt, T. (1995) *A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies*. Colorado: National Renewable Energy Laboratory. Tillgänglig på: <http://www.nrel.gov/docs/legosti/old/5173.pdf> [2014-01-15]
- Wärtsilä, Ship Power Technology. (2013) *WÄRTSILÄ 20 PROUCT GUIDE*. Upplaga 2013 / 1. Tillgänglig på: www.wartsila.com/file/Wartsila/en/1278529584490a1267106724867-wartsila-o-e-w-20-pg.pdf [2014-01-31]
- Wärtsilä, Ship Power Technology. (2013) *WÄRTSILÄ 26 PROUCT GUIDE*. Upplaga 2013 / 1. Tillgänglig på: www.wartsila.com/file/Wartsila/en/1278529591949a1267106724867-wartsila-o-e-w-26-pg.pdf [2014-01-31]
- Wärtsilä, Ship Power Technology. (2013) *WÄRTSILÄ 32 PROUCT GUIDE*. Upplaga 2013 / 1. Tillgänglig på: www.wartsila.com/file/Wartsila/sv/1278529592702a1267106724867-wartsila-o-e-w-32-pg.pdf [2014-01-31]
- Wärtsilä, Ship Power Technology. (2008) *WÄRTSILÄ 38 PROUCT GUIDE*. Upplaga 2008 / 2. Tillgänglig på: www.wartsila.com/file/Wartsila/en/1278529597188a1267106724867-wartsila-o-e-w-38-pg.pdf [2014-01-31]

- Wärtsilä, Italy S.p.A. (2003) *Wärtsilä 26 Projekt Guide*. Upplaga 2003 / 1. Tillgänglig på: <http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/PGW26.pdf> [2014-02-05]

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

1 Bilagans disposition

1.1 Korrigeringar av data.

Kapitlet beskriver hur motortillverkarnas data har behandlats för att de ska gå att jämföra. Dessa data används i kapitel 1.2.

1.2 Beräkning av genomsnittsmotorns ekvationer

I kapitlet beräknas ett antal ekvationer som bland annat beskriver en genomsnittsmotors kylbehov, förbränningsluftsbehov och mängden värmestrålning den avger. Dessa användas i kapitel 1.5 och 1.9.

1.3 Beräkning av elmotorns verkningsgrad

I kapitlet beräknas en ekvation som beskriver elmotors verkningsgrad. Ekvationen används för att kunna beräkna elförbrukningen hos pumparna i kapitlen 1.6 och 1.8

1.4 Genomsnittscentrifugalpumpens verkningsgrad

I kapitlet korrigeras en ekvation som beskriver en genomsnittlig centrifugalpumps verkningsgrad. Ekvationen används för att kunna beräkna kraftbehovet i kapitlen 1.5 och 1.7.

1.5 Beräkning av sjövattenpumpens kraftbehov

1.6 Beräkning av sjövattenpumpens effektbehov

1.7 Beräkning av kraftbehovet för LT, HT samt smörjoljepumparna

1.8 Beräkning av effektbehovet för LT, HT samt smörjoljepumparna

1.9 Beräkning av genomsnittsmotorns luftbehov

Beräkningar enligt ISO-standard av genomsnittsmotorns luftbehov. Behovet baseras på hur mycket förbränningsluft och kyluft motorn behöver.

1.10 Beräkning av fläktarnas kraftbehov

1.11 Beräkning av fläktarnas effektbehov

1.12 Korrektionsmatris

Ger två tabeller som tillsammans kan användas för att beräkna ett approximativt värde för egenförbrukningen av elenergi, vid elproduktion med dieselgenerator.

1.13 Egenförbrukningar som uteslutits ur beräkningarna

Beskrivet egenförbrukningar som inte behandlats i beräkningarna.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

1.1 Korrigeringar av data

Data från Wärtsilä, MAN och MaK:s produkt guider (Wärtsilä. MAN. Caterpillar. 2008-2013) har används för att beräkna data för en teoretisk genomsnittsmotor. Data i produktguiderna är givna för följande omgivningsförhållande:

Wärtsilä, ISO 3046-1

- Absoluttryck 1000 mbar
- Lufttemperatur +25°C
- Spolluftskylmedietemperatur +25°C
- Relativ luftfuktighet 30%

MAN,

- Absoluttryck 1000 mbar
- Lufttemperatur +45°C
- Relativ luftfuktighet 50%
- Sjöväntemperatur +32°C
- LT (Spolluftskylmedietemperatur) +38°C

MaK, IACS M28, om inte annat anges

- Absoluttryck 1000 mbar
- Lufttemperatur +45°C
- Relativ luftfuktighet 60%
- Sjöväntemperatur 32°C (spolluftskylmedietemperatur)

Att data är givna för olika förhållande gör att den inte är direkt jämförbar. Data korrigeras därför till följande värde:

- Lufttemperatur +45°C
- Relativ luftfuktighet 50%
- Sjöväntemperatur +32°C
- LT (Spolluftskylmedietemperatur) +38°C

1.1.1 Korrigering av förbränningsluftsflödet

Volymflödet av förbränningsluft för MAN och MaK räknas om från m³/h till kg/s. Vid omräkning av luftflödet används följande ekvation,

$$\dot{m} = \frac{\dot{V} * \rho}{3600}, \quad (1.1.1.1)$$

där massflödet, \dot{m} , ges i kg/s; volymflödet, \dot{V} , ges i m³/h; och densiteten, ρ , ges i kg/m³.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

Då ekvation 1.1.1.1 kräver en densiteten, beräknas denna för MAN och MaK.

MAN anger att data gäller för ett lufttryck på 1 barA, en temperatur på +45°C och 50% relativ luftfuktighet. Givet från formelsamlingar är att ångtrycket för vatten vid +45°C är 0,095818 barA; den individuella gaskonstanten för torr luft, R_{luft} , är 287 J/kgK; molmassa för vatten, M , är 18,016 g/mol; samt att den universella gaskonstanten är 8314. (Elovsson och Alvarez 1996) (Björk et al. 1998)

Densiteten för luften beräknas genom ekvationen,

$$\rho = \frac{pl}{Rl * T} + \frac{pv}{Rv * T}, \quad (1.1.1.2)$$

där partialtrycket för torr luft, p_l , ges i Pa; individuella gaskonstanten för luft, R_l , ges i J/kgK; partialtrycket för vattenånga, p_v , ges i Pa; individuella gaskonstanten för vatten, R_v , ges i J/kgK; och temperaturen T , ges i K.

Detta ger att

$$\begin{aligned} \rho_{MAN} &= \frac{100000 - (9581,8 * 0,5)}{287 * 318,15} + \frac{(9581,8 * 0,5) * 18,016}{8314 * 318,15} \\ &\approx 1,0753 \text{ kg/m}^3. \end{aligned} \quad (1.1.1.3)$$

MaK anger i produktguiderna att data för luften är given vid +20°C. Då eventuell luftfuktighet inte finns angiven görs beräkningarna på torr luft, vilket ger att

$$\rho_{MaK} = \frac{100000}{287 * 293,15} \approx 1,1886 \text{ kg/m}^3. \quad (1.1.1.4)$$

1.1.2 Korrigering för påverkan av lufttemperatur

Wärtsiläs data behöver korrigeras då den är angiven för en lägre temperatur. I en äldre projekt guide från Wärtsilä finns grafer med korrektionsvärden för att justera dessa data (Wärtsilä 2003). I dessa grafer går det att utläsa att en LT-temperatur på +38°C grader inte påverkar data. Anledningen till detta är att temperaturen i den inre LT-kylvattenloopen är +38°C grader. Denna regleras via inblandning av kylvatten från det yttre systemet via en trevägsventil, varpå den yttre LT-loopen max får hålla en temperatur av +38°C grader (Wärtsilä- 20, 26, 32, 2013).

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

För att korrigera påverkan av lufttemperaturen behövs det nya massflödet av förbränningsluft, \dot{m}_{Korr} , samt den specifika värmemängden, q_{p12} . Detta ger det ökade energiflödet, \dot{Q}_{Korr} , som måste kylas bort.

Givet från formelsamling är att c_p för torr luft inom temperaturområdet -40°C till $+40^\circ\text{C}$ är $1,005 \text{ kJ/kg}$ (Elovsson och Alvarez 1996). Detta ger att

$$q_{p12} = \bar{c}_p * (T_2 - T_1) = 1,005 * (45 - 25) = 20,1 \text{ kJ}. \quad (1.1.2.1)$$

Massflödet kan nu korrigeras genom densitetsförhållandet

$$\frac{\rho_{MAN}}{\rho_{ISO}} = \frac{\dot{m}_{Korr}}{\dot{m}_{ISO}}, \quad (1.1.2.2)$$

som vid omskrivning ger att

$$\dot{m}_{Korr} = \dot{m}_{ISO} * \frac{\rho_{MAN}}{\rho_{ISO}}. \quad (1.1.2.3)$$

Då ångtrycket för vatten vid $+25^\circ\text{C}$ är $0,031663 \text{ barA}$, ger detta att

$$\rho_{ISO} = \frac{100000 - (3166 * 0,3)}{287 * 298,15} + \frac{(3166,3 * 0,3) * 18,016}{8314 * 298,15} \quad (1.1.2.4)$$
$$\approx 1,1644 \text{ kg/m}^3.$$

Det ökade kylbehovet kan nu beräknas via ekvationen

$$\dot{Q}_{Korr} = q_{p12} * \dot{m}_{Korr}. \quad (1.1.2.5)$$

De korrigerade data för de tre olika motortillverkarna stämmer inte helt överens. Det finns fortfarande skillnader i bland annat luftfuktighet. Samt att värmestrålningen för Wärtsiläs maskiner inte är korrigerade. Data ger dock en god bild av hur de genomsnittliga värdena fördelar sig och används för att beräkna fram en ekvation av en teoretisk genomsnittsmotor.

1.2 Beräkning av genomsnittsmotorns ekvationer

Då de korrigerade data från motortillverkarna plottas i grafer, framgår det tydligt att det råder ett linjärt samband mellan motoreffekt och mätdata. Beräkningarna av de linjära ekvationerna

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

för genomsnittsmotorn har gjorts med minsta-kvadrat-metoden i följande steg, där n , är antalet mätpunkter (motorer) som ingår. Detta ger att

$$k = \frac{\sum(xy) - \frac{\sum x * \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}, \quad (1.2.1)$$

medelvärden av x och y , \bar{x} , \bar{y} , fås enligt ekvationen

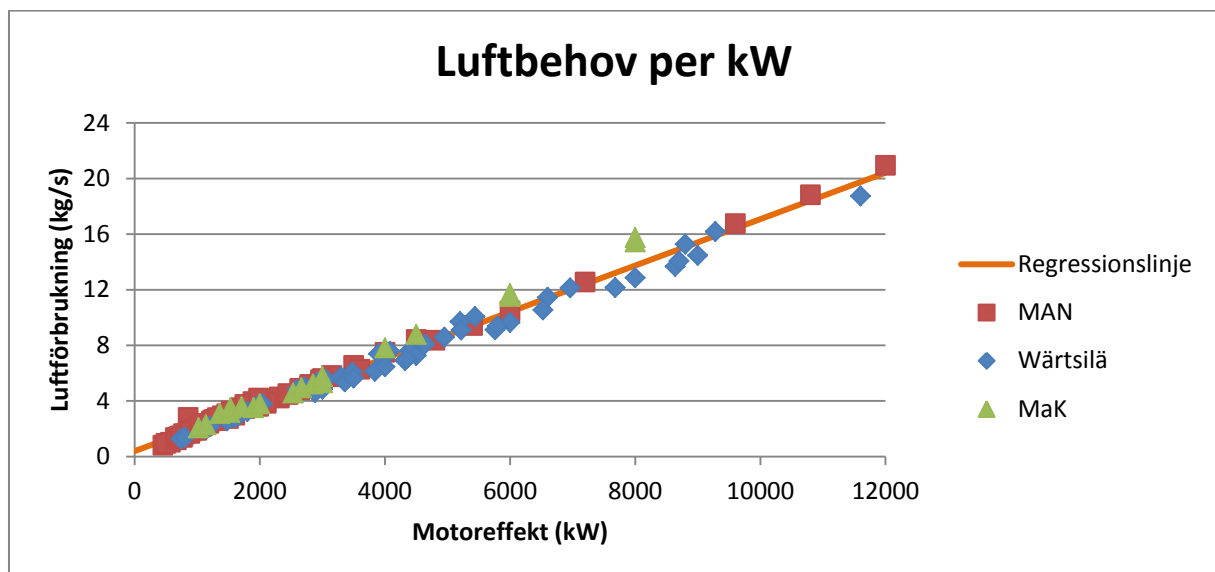
$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}, \quad (1.2.2)$$

och

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}, \quad (1.2.3)$$

dessa används för att lösa ut konstanttermen, m , där

$$m = \bar{y} - k\bar{x}. \quad (1.2.4)$$



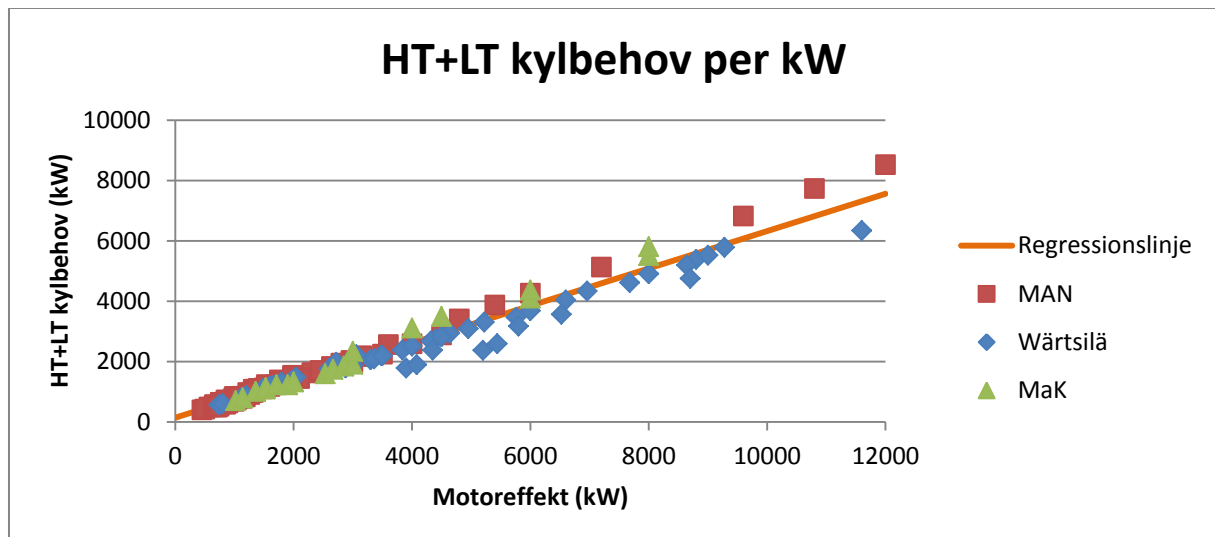
Graf 1.2.5 visar data för förbränningsluftbehovet från verkliga maskiner som en funktion av motoreffekten. Regressionslinjen är den linjära approximationen av dessa data.

Den linjära approximationen har ekvationen

$$\dot{m} = k_c x + m_c, \quad (1.2.6)$$

där x är motoreffekten angiven i kW, $k_c \approx 1,668 \cdot 10^{-3}$ och $m_c \approx 0,39$.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

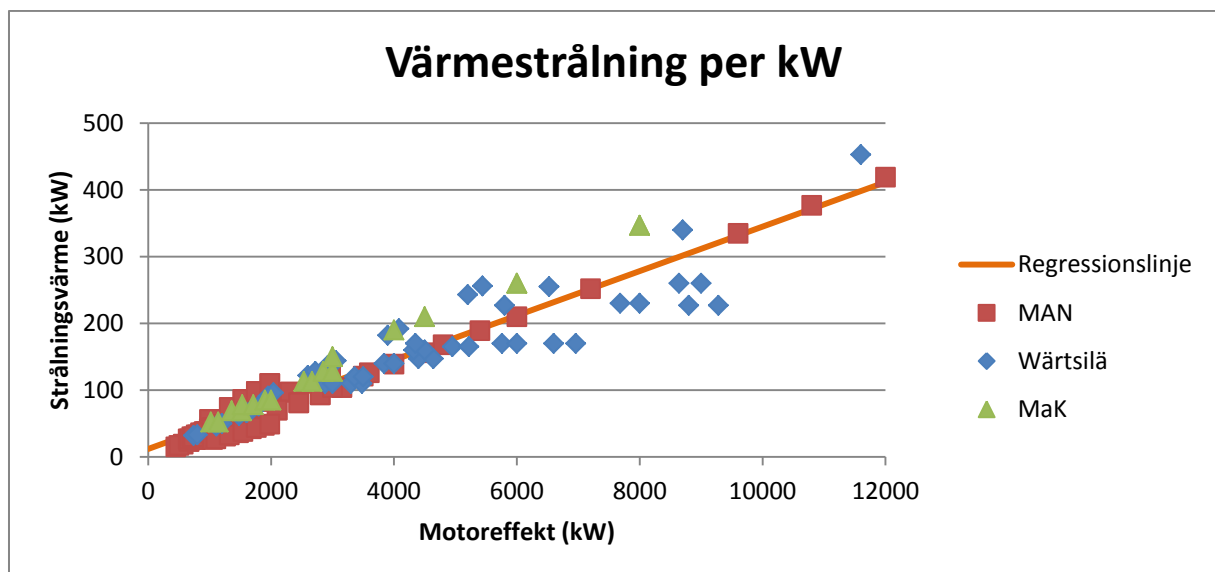


Graf 1.2.7 visar data för kylbehovet från verkliga maskiner som en funktion av motoreffekten. Regressionslinjen är den linjära approximationen av dessa data.

Den linjära approximationen har ekvationen

$$\dot{Q}_{HT+LT} = k_q x + m_q, \quad (1.2.8)$$

där x är motoreffekten angiven i kW, $k_q \approx 0,6188$ och $m_q \approx 137,8$.



Graf 1.2.9 visar data för värmestrålningen från verkliga maskiner som en funktion av motoreffekten. Regressionslinjen är den linjära approximationen av dessa data.

Den linjära approximationen har ekvationen

$$\varphi_{dg} = k_{dg} x + m_{dg}, \quad (1.2.10)$$

där x är motoreffekten angiven i kW, $k_{dg} \approx 0,0333$ och $m_{dg} \approx 11,8$.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

1.3 Beräkning av elmotorns verkningsgrad

Baserat på lagkrav från Europeiska Unionen (Commission of the European communities 2009), så ska sedan 2011 asynkronmotorer som säljs i Europa ha en verkningsgrad som uppfyller kravet för en IE2 klass. Standarden behandlar nominella effektiviteten hos asynkronmotorer från 0,75-375kW, 2-6 poler, samt 50Hz och 60Hz (ABB 2009). Verkningsgraderna återfinns i standarden som ett antal punkter där verkningsgrad och motoreffekt ges. Lägst krav har sex poliga motorer för 50 Hz elnät.

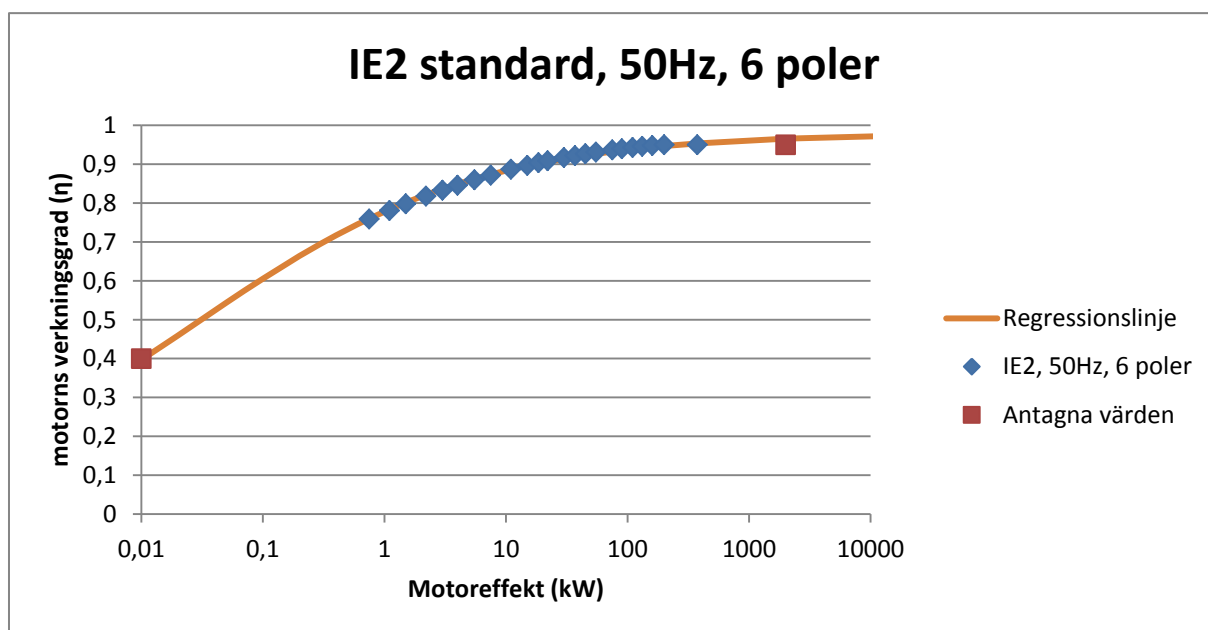
Kravet för dessa motorer antas ge en god uppskattning av en generell elmotors verkningsgrad.

Ett datoriserat hjälpmedel har använts för att ta fram en approximativ ekvation som beskriver standarden. Beräkningarna skedde med de punkter som standarden ger samt två extrapunkter som gavs värdena enligt tabell 1.3.1

Tabell 1.3.1. De antagna extrapunkterna som användes utöver de punkter givna i standarden.

	η	kW
Punkt 1	0,45	0,01
Punkt 2	0,95	2000

Värdet på punkterna valdes efter studier av de punkter som fanns givna i standarden. Extrapunktens uppgift är att säkerställa att ekvationen följer kurvan som ges av standarden även utanför det definierade området. Anledningen till detta är, för att få fram en allmän ekvation som omfattar alla elmotorer ombord.



Graf 1.3.2 visar de värdena givna för IE2 standarden, samt de antagna värdena. Regressionslinjen är en approximation av dessa data.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

Den exponentiella approximationen har ekvationen

$$\eta_{el} = \frac{1}{a * (x^b) + c}, \quad (1.3.3)$$

där elmotorns verkningsgrad benämns η_{el} ; x är motoreffekten angiven i kW;
 $a \approx 0,2653156688$; $b \approx -0,3763039584$; $c \approx 1,020280898$.

1.4 Genomsnittscentrifugalpumpens verkningsgrad

Verkningsgraden, η , för genomsnittscentrifugalpumpen i bästa driftpunkt går att beräkna enligt ekvationen (Anderson 1994)

$$0,94 - \eta = (13,2 * \dot{V})^{-0,32}, \quad (1.4.1)$$

där volymflödet, \dot{V} , anges i l/s.

Vidare så anger MaK, att ett lämpligt värde på verkningsgraden för initiala beräkningar vid systemdesign är 0,70 (Caterpillar 2012). Ekvationen 1.4.1 ger en verkningsgrad på 0,70 vid flödet

$$\dot{V} = \sqrt[-0,32]{\left(\frac{0,24}{13,2^{-0,32}}\right)} \approx 23,6 \text{ m}^3/\text{h}. \quad (1.4.2)$$

De anger även ett approximativt sjövattnenflöde för deras motorer mellan 50-200 m³/h. Värdet 80 m³/h väljs, godtyckligt baserat på att det befinner sig på den nedre delen av skalan. Detta motsvarar en verkningsgrad enligt ekvation 1.4.1 på $\approx 0,78$.

Baserat på att en pump i verkligheten sällan körs i sin optimala driftpunkt görs justeringen av ekvation 1.4.1 med motsvarande skillnad. Detta ger att den nya maximala verkningsgraden är,

$$\eta_{pump} = 0,86 - (13,2 * \dot{V})^{-0,32}. \quad (1.4.3)$$

Värdet som fås av ekvation 1.4.3 stämmer bra överens med den undre gränsen för vad den europeiska guiden för enstegs centrifugalpumpars verkningsgrad, anger som ett effektivt val av pump (Future Energy Solutions et al. 2003). Anledningen att det maximala värdet sällan uppnås är att standardpumparna tillverkas i fasta storlekar. Dessa är nödvändigtvis inte optimerade för driftparametrarna i systemet de placeras i.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

1.5 Beräkning av sjövattpumpens kraftbehov

Sjövattnet förutsätts vara uppbyggt av två eldrivna centrifugalpumpar. Vidare så ges följande data i MaK och Wärtsiläs produktguider:

Tabell 1.5.1. Följande är baserat på data givna i MaK och Wärtsiläs produktguider. Sjövattentemperaturerna är ett medelvärde av angivna temperaturer i guiderna.

ΔT sjövattnet	11°C (32-43°C) (Wärtsilä 2013)(Caterpillar 2011,2012)
Flödeskorrektionsfaktor för fouling i kylare	1,15 (Wärtsilä 2013)
Δp tryckökning pump	2,5 Bar (Caterpillar 2011,2012)

Följande ekvationer är givna från formelsamling (Elovsson och Alvarez 1996)

$$P_{pump} = \frac{\rho * g * \dot{V} * H_{pump}}{\eta_{pump} * 1000}, \quad (1.5.2)$$

och

$$\Delta p = \rho * g * H_{pump}, \quad (1.5.3)$$

och

$$\dot{Q} = \dot{m} * (i_2 - i_1), \quad (1.5.4)$$

och

$$\dot{V} = \dot{m} * v. \quad (1.5.5)$$

Där pumpeffekten, P_{pump} , anges i kW; sjövattnets densitet, ρ , anges i kg/m^3 ; jordaccelerationen, g , är $9,82 \text{ m/s}^2$; sjövattenflödet, \dot{V} , anges i m^3/s ; pumpens uppfodringshöjd, H_{pump} , anges i m; och där η_{pump} är pumpens verkningsgrad. Vidare används den specifika volymiteten, v , som anges m^3/kg och entalpierna 1 och 2, i_n , som anges i kJ/kg. \dot{Q}_{HT*LT} får ur ekvation 1.2.8.

Ekvation 1.4.3 kompletteras med flödeskorrektionsfaktorn i tabell 1.5.1 samt att endast halva volymflödet beräknas, detta för att tillgodose antagandet att systemet är uppbyggt av två pumpar. Detta ger

$$\eta_{pump} = 0,86 - (13,2 * \dot{V} * 1,15 * 0,5)^{-0,32}. \quad (1.5.6)$$

Ekvationerna 1.5.2 till 1.5.6 kombineras och ger följande ekvation,

$$P_{pump} = \frac{\Delta p * \dot{Q} * v}{\eta_{pump} * (i_2 - i_1) * 1000}. \quad (1.5.7)$$

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

Då sjövattemperaturen är känd kan volymiteten och entalpierna läsas ur tabell i formelsamling (Elovsson och Alvarez 1996). Denna ger att volymiteten för vatten vid +32°C är 0,00100505 m³/kg och att entalpin vid +32°C är 134,064 kJ/kg, samt att den vid +43°C är 180,033 kJ/kg.

Värdena för volymiteten och entalpierna är för färskvatten och inte sjövattnet, men kommer att användas i dessa beräkningar.

1.6 Beräkning av sjövattpumpens effektbehov

För att beräkna pumpmotorernas effektbehov, P_{el} , kombineras ekvationerna,

$$P_{el} = \frac{P_{pump}}{\eta_{el}}, \quad (1.6.1)$$

och

$$\eta_{el} = \frac{1}{a * (x^b) + c}, \quad (1.3.3)$$

till

$$P_{el} = P_{pump} * (a * [P_{el}^b] + c). \quad (1.6.2)$$

Enheterna P_{el} omvandlas till x , och P_{pump} till p , samt att ekvationen skrivs om

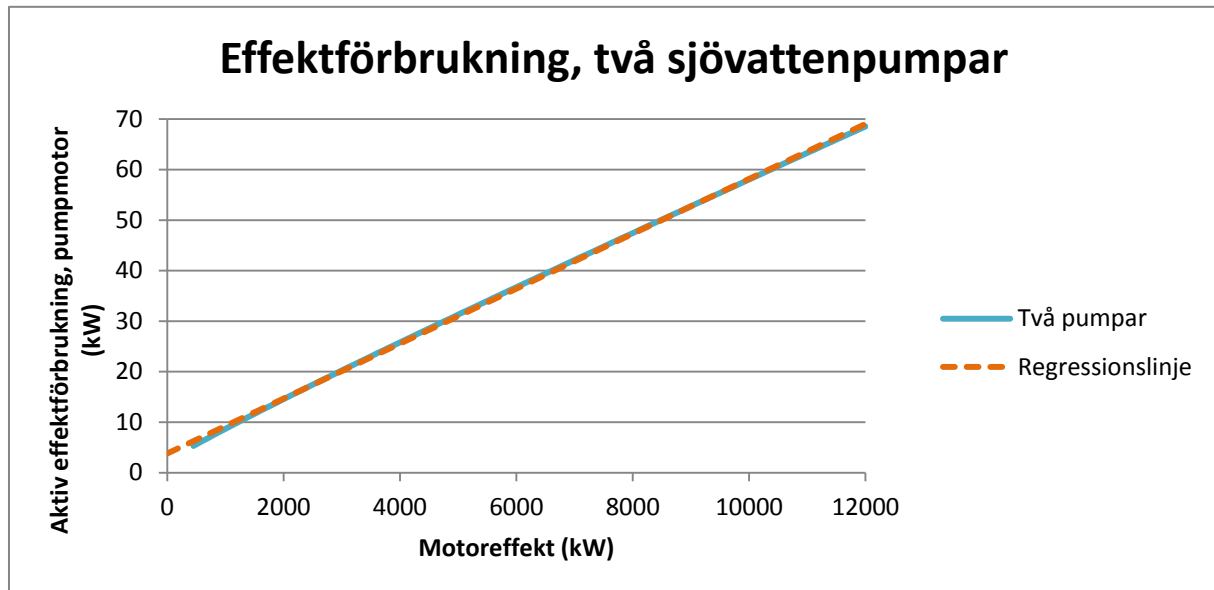
$$x = \frac{pa}{x^{-b}} + pc. \quad (1.6.3)$$

Ekvation 1.6.3 omvandlas därefter till ett ekvationssystem som löses

$$\left\{ \begin{array}{l} y = \frac{pa}{x^{-b}} + pc \\ y = x \end{array} \right\}. \quad (1.6.4)$$

Detta system ger upphov till följande graf, där den linjära approximationen beräknas via minstakvadratmetoden.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi



Graf 1.6.5 visar effektbehovet för två sjövattpumpar i förhållande till den totalt installerade motoreffekt. Regressionslinjen är den linjära approximationen av detta effektbehov.

Den linjära approximationen har ekvationen

$$P_{sel} = k_s x + m_s, \quad (1.6.6)$$

där x är den totalt installerade motoreffekten angiven i kW, $k_s \approx 0,005437$ samt att $m_s \approx 3,79$.

Dessa beräkningar behandlar inte fallet, då eventuellt huvudmaskineri och dieselgeneratorer delar på sjövattnetsystemet. Då verkningsgraden varierar beroende på storlek på pump och elmotor, ger ekvationen en missvisande högre förbrukning i dessa fall.

1.7 Beräkning av kraftbehovet för LT, HT samt smörjoljepumparna

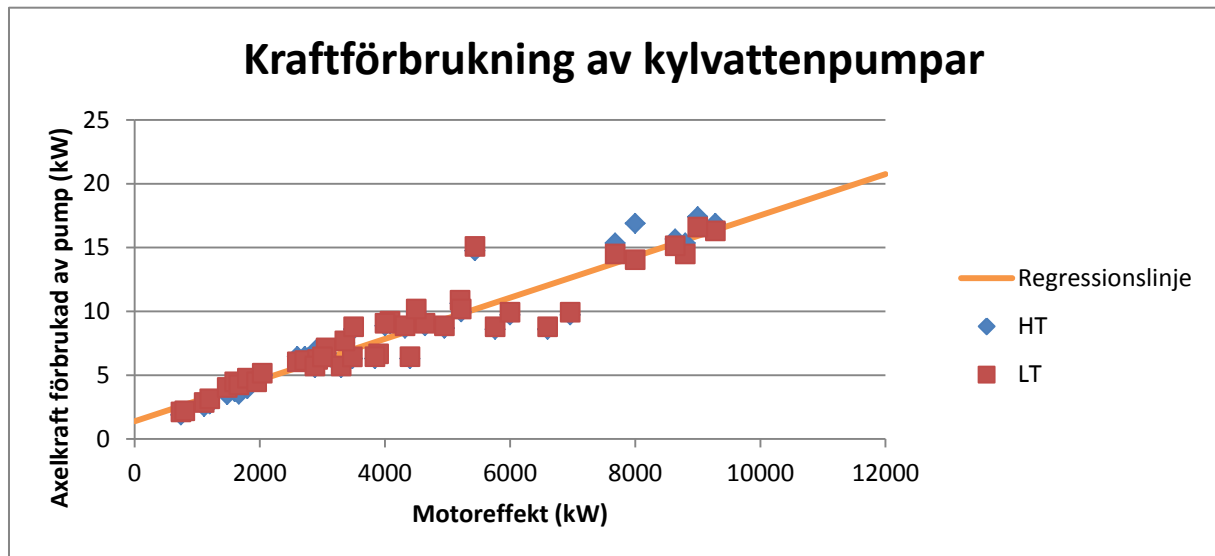
Motortillverkarna anger för vissa av sina motorer ökningen av den specifika bränsleförbrukningen i de fall motorn använder motordrivna pumpar. Wärtsilä har även i sina produktguider för serierna 20, 26 och 32, gett pumpdiagram för HT och LT pumparna. Kraftbehovet beräknas utifrån dessa pumpdiagram med hjälp av ekvation 1.5.2

$$P = \frac{\rho * g * \dot{V} * H_{pump}}{\eta_{pump} * 1000}. \quad (1.5.2)$$

Verkningsgraden för centrifugalpumpen ges av ekvation 1.4.3, volymflödet ges av tabell i produktguiderna samt att uppfodringshöjden ges av pumpdiagrammen. Då temperaturen i HT

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

och LT kretsarna varierar, ges desiteteten för HT vid +82°C = 970,59 kg/m³ samt LT för +38°C = 992,93 kg/m³. Detta resulterar i följande data, som approximeras med minstakvadratmetoden.



Graf 1.7.2 visar kraftbehovet för en kylvattenpump i förhållande till motoreffekten. Regressionslinjen är den linjära approximationen av dessa data.

Den linjära approximationen har ekvationen

$$P_{cw} = k_{cw}x + m_{cw} , \quad (1.7.3)$$

där x är motoreffekten angiven i kW, $k_{cw} \approx 0,001614$ och $m_{cw} \approx 1,39$.

Wärtsilä ger dock inget pumpdiagram för smörjoljepumpen. Pumpens kraftförbrukning approximeras genom att k_{cw} , korrigeras. Korrektionsfaktorn, K_{lub} , beräknas genom att de angivna ökningarna av specifika bränsleförbrukningen, $SFOC_n$, summeras och kvoten mellan dessa beräknas enligt ekvationen

$$K_{lub} = \frac{\sum SFOC_{LUB} * 2}{\sum SFOC_{LT} + \sum SFOC_{HT}} \approx 1,37 . \quad (1.7.4)$$

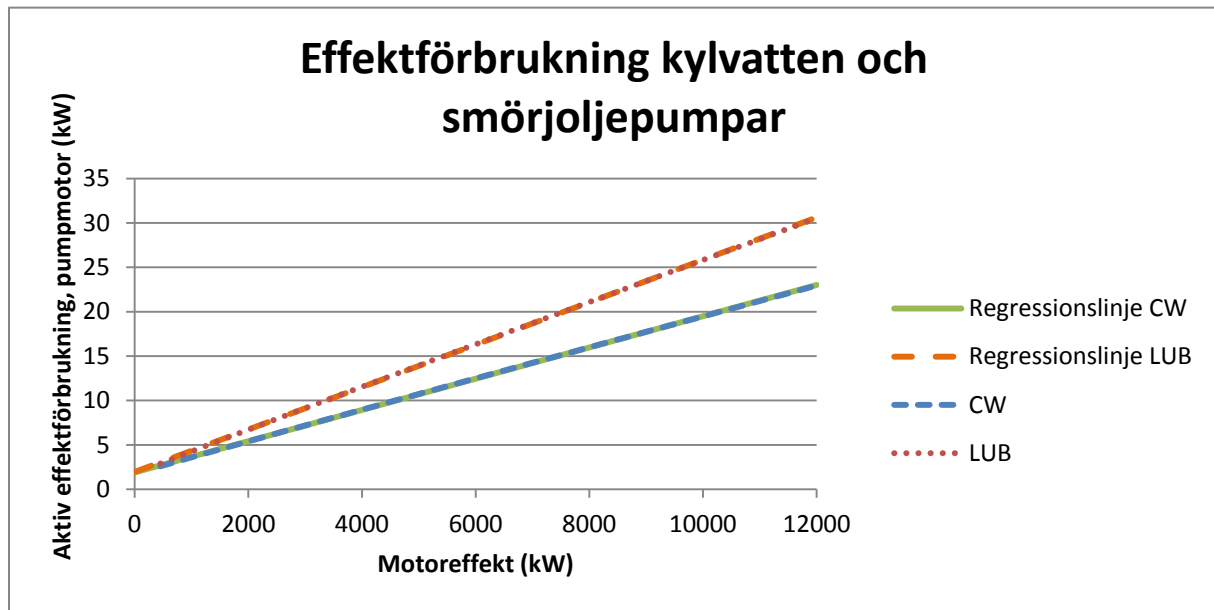
Kraftbehovet för oljepumpen fås nu ur det linjära sambandet

$$P_{lub} = K_{lub}k_{cw}x + m_{cw} . \quad (1.7.5)$$

1.8 Beräkning av effektbehovet för LT, HT samt smörjoljepumparna

För att beräkna pumpmotorernas effektbehov sätts de linjära sambanden för p , ekvation 1.7.3 och 1.7.5, var för sig in i ekvation 1.6.4. Dessa system ger upphov till följande graf, där de linjära approximationerna beräknas via minstakvadratmetoden.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi



Graf 1.8.1 visar effektbehovet för en kylvattenpump samt en smörjoljepump i förhållande till motoreffekten. "Regressionslinjen CW" och "Regressionslinjen LUB" är de linjära approximationerna av dessa data.

De linjära approximationerna har följande ekvationer

$$P_{cvel} = k_{cw}x + m_{cw} , \quad (1.8.2)$$

och

$$P_{lubel} = k_{lub}x + m_{lub} , \quad (1.8.3)$$

där $k_{cw} \approx 0,001759$; $m_{cw} \approx 1,90$; $k_{lub} \approx 0,002388$; $m_{lub} \approx 1,95$.

1.9 Beräkning av genomsnittsmotorns luftbehov

Standard ISO 8861:1998 (ISO 1998) behandlar beräkningarna av maskinrumsventilationen. Standarden anger hur den totala mängden luft, Q , som krävs för förbränning och kylning beräknas. Följande två ekvationer används

$$Q = q_c + q_h , \quad (1.9.1)$$

och

$$Q = 1,5 * q_c , \quad (1.9.2)$$

där den totala mängden luft, Q , anges i m^3/s ; den totala mängden förbränningsluft, q_c , anges i m^3/s ; den totala mängden kylluft, q_h , anges i m^3/s .

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

Enligt standarden skall den ekvation, som ger störst värde på Q användas. För att avgöra detta beräknas q_h , enligt följande ekvation given av standarden (ISO 1998),

$$\text{[Redacted Equation]} \quad (1.9.3)$$

där värmestrålning från olika källor, φ_n , anges i kW; densiteten är $1,13 \text{ kg/m}^3$, specifika värmekapaciteten, c , är $1,01 \text{ kJ/kg}$; och temperaturdifferensen är $12,5\text{K}$. Ekvationen är censurerad på grund av upphovsrättsliga skäl.

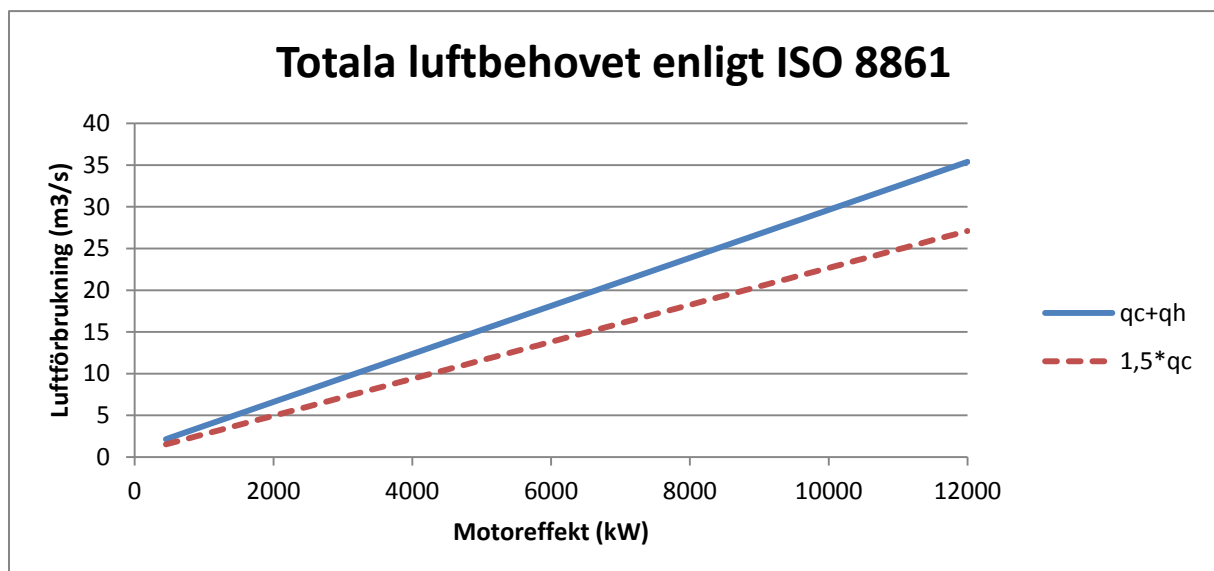
Faktorn 0,4 är baserad på en normal utformning av maskinrummet (ISO 1998). Flertalet av de andra faktorerna i ekvationen är dock irrelevanta när enbart kylbehovet för dieselgeneratorerna ska beräknas. Vilket beräknas genom ekvationen

$$q_{dg} = \frac{\varphi_{dg}}{\rho * c * \Delta T}, \quad (1.9.4)$$

som leder till att ekvation 1.9.3 kan reduceras ner till att

$$q_h = q_{dg} - (0,4 * q_{dg}) = 0,6 * q_{dg}. \quad (1.9.5)$$

Detta leder till att ekvation 1.9.1 alltid ger ett större värde inom det avgränsade intervallet.



Graf 1.9.6 illustrerar skillnaden i luftbehovet mellan ekvation 1.9.1 (q_c+q_h) och ekvation 1.9.2 ($1,5*q_c$) inom intervallet 450-12 000kW.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

Genomsnittsmotorns luftbehov nu kan beräknas genom att ekvationerna för luftbehovet, 1.2.6, samt värmestrålningen, 1.2.10, sätts in i 1.9.1, vilket ger att

$$Q = \frac{(k_c x + m_c) + \left(0,6 * \left[\frac{k_{dg} x + m_{dg}}{c * \Delta T}\right]\right)}{\rho}. \quad (1.9.7)$$

Exkluderas ρ ur ekvation (1.9.5) ges massflödet istället för volymflödet

$$\dot{m} = (k_c x + m_c) + \left(0,6 * \left[\frac{k_{dg} x + m_{dg}}{c * \Delta T}\right]\right). \quad (1.9.8)$$

1.10 Beräkning av fläktarnas kraftbehov

För att beräkna fläktarnas kraftbehov görs ett antal antagande och förenklingar.

Förenklingar

En fläkt per motor, som tillgodoser både förbränningsluft och kyl Luft

Inga utsugsfläktar, naturlig utströmning av överskottsluft via caseing

Systemet består av brandspjäll, anslutningslåda, insugsdysa med galler, fläkt, eventuell diffusor, rak ventilationstrumma samt en 90 graders böj

Antagande

Rören dimensioneras efter ett tryckfall runt 10 Pa/m för att minimera storleken på de största ventilationstrummorna.

Rund ventilationstrumma, totalt 20 meter, (antaget medelvärde)

Låga tryckuppsättningar = beräkningarna sker som om luften vore inkompressibel

Tvåhastighetsfläkt

Givet

Max 1,5 kPa tryckfall över ventilationssystemet (Wärtsilä 20, 26, 32, 38, 2008, 2013)

50 Pa övertryck i maskinrummet (Wärtsilä 20, 26, 32, 38, 2008, 2013)

Densiteten = 1,2 kg/m³ (FläktWoods fläktval 2004)

Ur formelsamlingen fås följande formler (Elovsson och Alvarez 1996)

$$\Delta p_{fläkt} = p_2 - p_1 + \frac{\rho}{2} * (c_2^2 - c_1^2) + \sum_1^2 \Delta p_f, \quad (1.10.1)$$

och

$$\frac{\Delta p}{\Delta p_{diagr}} = \frac{\rho}{\rho_{diagr}}, \quad (1.10.2)$$

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

där den totala tryckuppsbyggnaden över fläkten, $\Delta p_{fläkt}$, anges i Pa; där trycket i slutet samt början av ventilationssystemet, p_2 , och p_1 , anges i Pa; där densiteten anges i kg/m^3 ; där flödes hastigheten i slutet samt början av ventilationssystemet, c_2 , och c_1 , anges i m/s; samt att summan av totaltryckförlusterna, $\sum_1^2 \Delta p_f$, anges i Pa.

Vidare anger FläktWoods tryckförlusten för inloppskona och skyddsnet är 0,16* dynamiska trycket (FläktWoods Montage 2004). Det dynamiska trycket får ur ekvation 1.10.1

$$\Delta p_{dynamisk} = \frac{\rho}{2} * c^2. \quad (1.10.3)$$

Detta ger en tryckförlust på

$$\Delta p_{kona} = \frac{1,2}{2} * c^2 * 0,16. \quad (1.10.4)$$

Fläkten monteras i fyrkantig anslutningslåda med minst dubbla diametern (FläktWoods Montage 2004). Den stora skillnaden i diameter gör att lådans motstånd försummas. Brandspjället monterat på lådan är utav typen SFD, SFDT, och antas ha samma area som anslutningslådan. Flödes hastigheten genom brandspjället och anslutningslåda beräknas genom ekvationen,

$$c_{låda} = c * \frac{0,5D^2 * \pi}{2D * 2D} = c * \frac{\pi}{16}. \quad (1.10.5)$$

Data för tryckfall och strömningshastigheter kan nu fås från diagram i FläktWoods kataloger (FläktWoods- Veloduct, marine applications, fläktdiagram. 2004, 2012). För flöden på 24-40 m^3/s är datan extrapolerad.

Ett tryckfall på 10 Pa/m i rören är satt som ett dimensionerande tryckfall. De korresponderande flödena ger ett tryckfall på 40 Pa i varje 90 graders böj.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

Tabell 1.10.6. Flödes hastigheter samt korreksponderande tryckfall i systemet

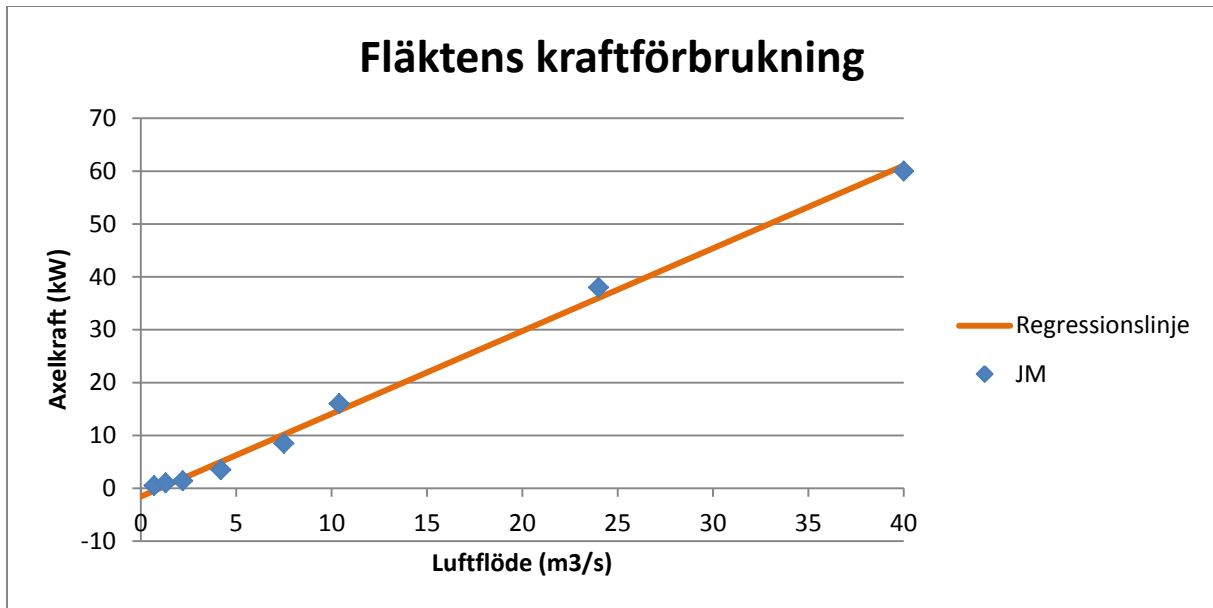
Fläkt	rör Ø	Luft- flöde	c rör	c låda	tryckfall spjäll	c fläkt	diffusor	totalt tryckfall
	m	m ³ /s	m/s	m/s	Pa	m/s	Pa	Pa
31JM/16/2/5, 32 grader	0,25	0,7	14	2,7	2	9,1	18	436
40JM/16/2/5, 22 grader	0,31	1,3	17	3,3	2,5	10,2	21	497
40JM/16/2/5, 32 grader	0,4	2,2	18	3,5	3	18	0	519
50JM/20/2/6, 28 grader	0,5	4,2	21	4,1	4	21	0	601
63JM/25/2/3, 30 grader	0,63	7,5	24	4,7	5,5	24	0	696
80JM/31/2/9, 14 grader	0,8	10,4	26	5,1	7	26	0	767
125JM/40/4/6, 27 grader	1,0	24*	30*	5,9	8	19,2	100	973
125JM/40/4/9, 32 grader	1,25	40*	33*	6,5	10	33	0	1058

* = extrapolerad data

Som kan ses har en överdimensionerad fläkt fått väljas för flödena 0,7, 1,3 och 24 m³/s. Ingen fläkt i samma storlek klarade av att leverera det behövda volymflödet vid den behövda tryckuppfodran. Detta ge en god indikation på att det inte går att höja flödes hastigheterna ytterligare för de mindre rören, då det inte finns axialfläktar i rätt storlek, som kan leverera de behövda tryckuppfodringarna.

Vid utläsning av fläktens kraftbehov ur diagrammet med aktuella skotningsvinkeln fås följande graf

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi



Graf 1.10.7 visar fläktarnas kraftbehov (axelkraft) vid aktuellt volymflöde. Regressionslinjen är den linjära approximationen av dessa data.

Den linjära approximationen har följande ekvation

$$P_f = k_f x + m_f, \quad (1.10.8)$$

där x är volymflödet i m^3/s samt att $k_f \approx 1,5653$ och $m_f \approx -1,56$.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

1.11 Beräkning av fläktarnas effektbehov

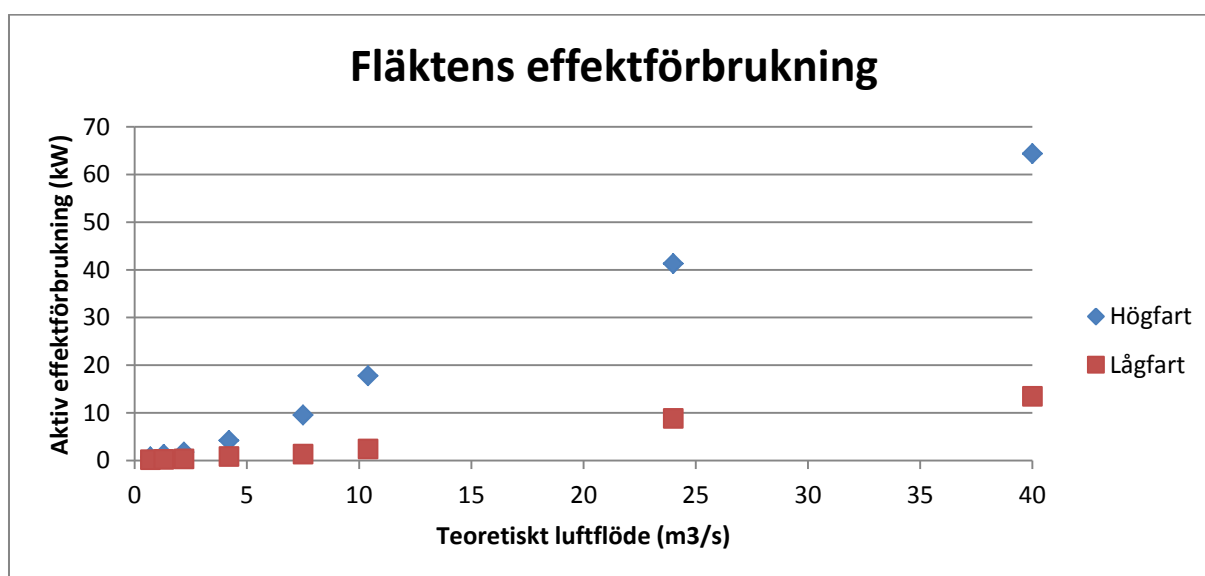
Vid beräkningarna av fläktarnas effektbehov användes data från FläktWoods kataloger (FläktWoods- motorstorlekar, 2004). De anger i sin katalog, kraftförbrukningar vid olika skotningsvärden för både högfart och lågfart. Detta gör det möjligt att beräkna vad fläkten drar i lågfart.

Tabell 1.11.1. Data med effekter och verkningsgrader för de driftfall som beskrivs i graf 1.10.7

Fläkt	Max skotvinkel	Motor Låg/Hög	Verkningsgrad Låg / Hög
	grader	kW/kW	% / %
31JM/16/2/5, 32 grader	40	0,1/0,8	37 / 67
40JM/16/2/5, 22 grader	26	0,17/1,4	50 / 78
40JM/16/2/5, 32 grader		0,125 *	52 / 80 *
50JM/20/2/6, 28 grader	30	0,65/5	54 / 83
63JM/25/2/3, 30 grader	32	1,49/12	78 / 89
80JM/31/2/9, 14 grader	14	2,98/23,9	82 / 90
125JM/40/4/6, 27 grader	28	9/45	86 / 92
125JM/40/4/9, 32 grader	32	15/75	89 / 93,2

* = interpolerad data, ej tillgänglig i katalog

Kraftförbrukningen för lågfart fås nu genom att multiplicera kraftförbrukningen i högfart med ovan givna kvotförhållande. Därefter korrigeras data med elmotorernas verkningsgrader



Graf 1.11.2 visar fläktarnas effektbehov i både hög och lågfart. Observera att fläktarna inte ger det givna volymflödet i lågfart.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

Sätts densiteten $1,2 \text{ kg/m}^3$ (FläktWoods fläktval 2004) in i ekvation 1.9.7 ges ett uttryck för volmflödet beroende på motorstorlek korrigerat för att stämma FläktWoods data, denna sätts in i ekvation 1.10.8. Ett värde för fläktarnas elförbrukning baserat på den genomsnittliga motorn ges nu.

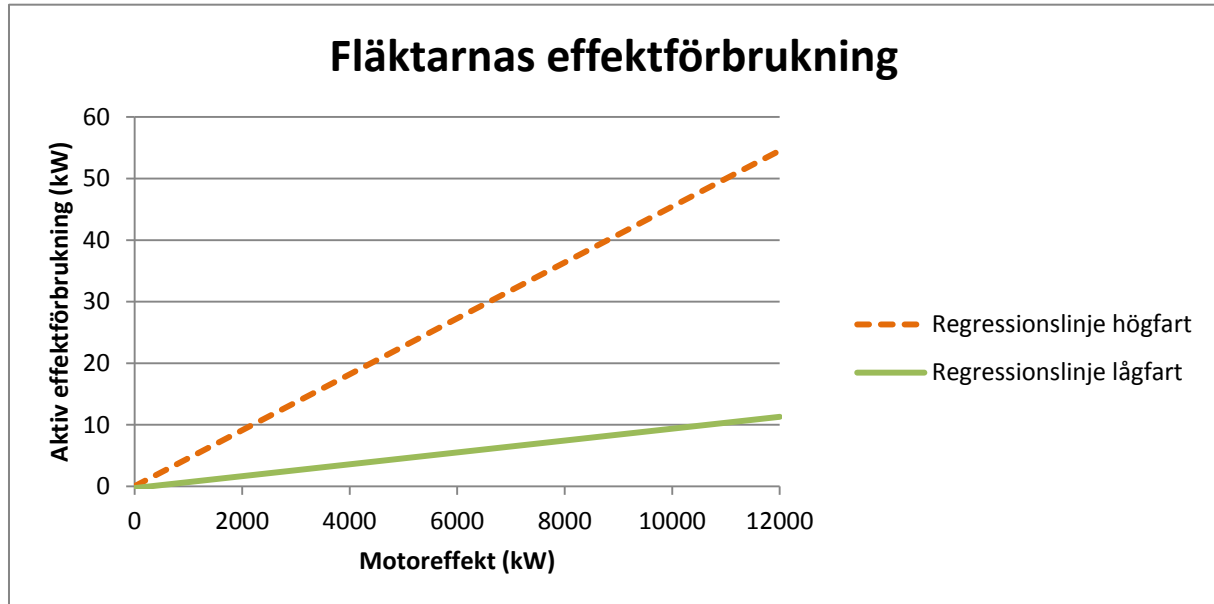


Bild 1.11.3 visar fläktarnas effektbehov i både hög och lågfart i förhållande till den genomsnittliga motorns effekt.

De linjära approximationerna har följande ekvationer

$$P_{f_{hel}} = k_{fh}x + m_{fh}, \quad (1.11.4)$$

och

$$P_{f_{lel}} = k_{fl}x + m_{fl}, \quad (1.11.5)$$

där $k_{fh} \approx 0,004542$; $m_{fh} \approx 0,04$; $k_{fl} \approx 0,000965$; $m_{fl} \approx -0,27$.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

1.12 Korrektionsmatris

För att beräkna egenförbrukningen av elenergi, I_{kWh} , kombineras resultatet av ekvationerna 1.8.2 (HT och LT), 1.8.3 (LUB), 1.11.4 (AIR), 1.11.5 (AIR) och 1.6.6 (SEA) till ekvationen,

$$I_{kWh} = ([K_{drift} * (HTx + LTx + LUBx)] + [N * (AIRx)] + [SEAX]) * RT, \quad (1.12.1)$$

där x , är den genomsnittliga motoreffekten på dieselgeneratorerna, X är summerade motoreffekten på dieselgeneratorerna och N är antalet dieselgeneratorer. Korrektionsfaktorn, K_{drift} , fås enligt ekvationen

$$K_{drift} = \frac{TRT}{RT}, \quad (1.12.2)$$

där TRT är antalet drifttimmar på samtliga dieselgeneratorer i beräkningsperioden och RT är antalet timmar dieselgenerator drift i beräkningsperioden.

Beroende på driftfall, det vill säga hur fartygets maskineri är uppbyggt och hur det körs, modifieras ekvation 1.12.1 och ger upphov till 12 olika ekvationer. Det aktuella fartygets driftfall avgör vilken av dessa som ska användas för att beräkna egenförbrukningen.

För att få fram rätt driftfall väljs först det fall nedan av A, B eller C som bäst passar in på det aktuella fartyget,

- A. HT-, LT-, och LUB- pumparna drivs av elmotorer
- B. LT- pumparna drivs av elmotorer, HT- och LUB- pumparna drivs av motorn
- C. HT-, LT-, och LUB- pumparna drivs av motorn.

Proceduren upprepas och det fall av 1, 2, 3, eller 4 som bäst passar in väljs,

1. En sjövattpump går, och fläktarna går på lågfart
2. En sjövattpump går, och fläktarna går på högfart
3. Två sjövattpumpar går, och fläktarna går på lågfart
4. Två sjövattpumpar går, och fläktarna går på högfart.

OBS! Om fartyget har boxkylare, och därför saknar sjövattpumpar, väljs det alternativ där fläktarnas driftfall bäst överensstämmer.

Med hjälp av tabell 1.12.3 kan nu rätt ekvation utläsas.

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

Tabell 1.12.3, de driftfall (grå rutor) som bäst stämmer in på det aktuella fartyget ska väljas, dessa kombineras och ger en bokstavsnummer kombination som anger vilken ekvation som ska användas i tabell 1.12.4.

	1	2	3	4
A	A1	A2	A3	A4
B	B1	B2	B3	B4
C	C1	C2	C3	C4

Tabell 1.12.4, ekvationer för beräkning av egenförbrukningen av elenergi. OBS! Om fartyget har boxkylare, och därför saknar sjövattpumpar, skall den delen av ekvationen som är gråmarkerad strykas!

A1	$I_{kWh} = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
A2	$I_{kWh} = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
A3	$I_{kWh} = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
A4	$I_{kWh} = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
B1	$I_{kWh} = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
B2	$I_{kWh} = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
B3	$I_{kWh} = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
B4	$I_{kWh} = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
C1	$I_{kWh} = ([N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
C2	$I_{kWh} = ([N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
C3	$I_{kWh} = ([N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
C4	$I_{kWh} = ([N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$

Bilaga 1 Beräkning av egenförbrukning av elenergi

1.13 Egenförbrukningar som uteslutits ur beräkningarna

Vid beräkningarna av egenförbrukningarna har de teoretiska förbrukningarna hos fläktar samt kylvatten- smörjolje- och sjövattpumpar beräknats. Övriga förbrukningar har uteslutits baserat på flertalet faktorer, däribland men inte enbart inkluderat,

- mätproblematik
- gränsdragningsproblematik, då flera förbrukare delar på tillgången. Ex, kompressorer
- försumbar förbrukning
- intermittent drift.

I och med detta har elförbrukningen hos, bland annat, följande förbrukare inte beräknats,

- FO supply- och boosterpumpar
- separatorer
- panna med tillhörande system
- prelub- standby- och cirkulationspumpar
- eventuell elektriska värmare
- styrsystem och belysning.

Bilaga 2 Data från motortillverkarna

Wärtsilä 2008-2013	Output kW	Air flow 100% m ³ /h	Air flow korr kg/s	HT Heat 100% kW	LT Heat 100% kW	HT+LT korr Heat 100% kW	Radiation kW	SFOC 42700 kJ/kg g/kWh	HT flow 82°C 907,59 kg/m ³ m ³ /h	LT flow 38°C 992,93 kg/m ³ m ³ /h
4L20 900/185	740	1,38	1,27	166	373	565	32	198	23	23
4L20 1000/200	800	1,5	1,39	175	405	608	33	199	24	24
6L20 900/185	1110	2,14	1,98	230	518	788	46	193	29	34
6L20 1000/200	1200	2,33	2,15	250	573	866	50	194	30	36
8L20 900/185	1480	2,77	2,56	316	734	1101	62	196	39	45
8L20 1000/200	1600	3,02	2,79	330	795	1181	66	197	40	48
9L20 900/185	1665	3,21	2,96	350	804	1214	69	194	44	50
9L20 1000/200	1800	3,5	3,23	375	877	1317	76	195	45	54
6L26 900/325	1950	3,9	3,60	331	920	1323	91	187	35	42
6L26 1000/340	2040	4,1	3,79	356	1051	1483	96	190	35	47
8L26 900/325	2600	5,2	4,80	441	1227	1765	122	187	45	56
8L26 1000/340	2720	5,4	4,99	474	1403	1977	128	190	45	62
9L26 900/325	2925	5,8	5,36	496	1380	1984	137	187	50	63
9L26 1000/340	3060	6	5,54	534	1578	2223	144	190	50	70
12V26 900/325	3900	8	7,39	662	973	1783	182	187	60	60
12V26 1000/340	4080	8,2	7,57	711	1033	1896	192	190	67	67
16V26 900/325	5200	10,5	9,70	882	1297	2374	243	187	80	80
16V26 1000/340	5440	10,9	10,07	949	1437	2588	256	190	89	89
6L32 720/480	2880	4,98	4,60	961	736	1789	110	184	60	60
6L32 750/500	3000	5,24	4,84	998	788	1883	110	185	60	60
6L32 720/550	3300	6,2	5,73	1102	841	2058	110	184	60	60
6L32 750/580	3480	6,56	6,06	1210	872	2204	110	185	60	60
7L32 720/480	3360	5,81	5,37	1120	859	2087	120	184	70	70
7L32 750/500	3500	6,11	5,64	1164	919	2196	120	185	70	70

Bilaga 2 Data från motortillverkarna

Wärtsilä 2008-2013	Output kW	Air flow 100% kg/s	Air flow korr kg/s	HT Heat 100% kW	LT Heat 100% kW	HT+LT korr Heat 100% kW	Radiation kW	SFOC 42700 kJ/kg g/kWh	HT flow 82°C 907,59 kg/m ³ m ³ /h	LT flow 38°C 992,93 kg/m ³ m ³ /h	
8L32 750/500	4000	6,98	6,45	1330	1050	2510	140	185	75	31	
8L32 720/550	4400	8,26	7,63	1470	1122	2745	147	184	75	22	
8L32 750/580	4640	8,76	8,09	1613	1163	2939	147	185	75	31	
9L32 720/480	4320	7,47	6,90	1440	1104	2683	160	184	85	27	
9L32 750/500	4500	7,86	7,26	1496	1181	2823	160	185	85	31	
9L32 720/550	4950	9,29	8,58	1653	1262	3087	165	184	85	27	
9L32 750/580	5220	9,85	9,10	1815	1308	3306	165	185	85	31	
12V32 720/480	5760	9,86	9,11	1864	1418	3465	170	182	100	23	
12V32 750/500	6000	10,44	9,64	1968	1523	3685	170	183	100	26	
12V32 720/550	6600	12,4	11,45	2204	1607	4041	170	182	100	23	
12V32 750/580	6960	13,13	12,13	2420	1674	4338	170	183	100	26	
16V32 720/480	7680	13,16	12,15	2485	1890	4619	230	182	140	30	
16V32 750/500	8000	13,92	12,85	2624	2030	4912	230	183	140	33	
16V32 720/550	8800	16,53	15,27	2938	2142	5387	227	182	140	30	
16V32 750/580	9280	17,52	16,18	3227	2232	5784	227	183	140	33	
18V32 720/480	8640	14,8	13,67	2796	2126	5197	260	182	160	27	
18V32 750/500	9000	15,66	14,46	2952	2284	5527	260	183	160	30	
									SFOC increase in g/kWh per engine driven pump		
									HT	LT	LUB
6L38 600/725	4350	7,61	7,03	1332	906	2379	170	183	1,830	1,830	3,660
8L38 600/725	5800	10,15	9,37	1776	1208	3172	227	183	1,830	1,830	3,660
9L38 600/725	6525	11,41	10,54	1998	1359	3569	255	183	1,830	1,830	3,660
12V38 600/725	8700	15,22	14,06	2664	1812	4759	340	182	1,820	1,820	3,640
16V38 600/725	11600	20,29	18,74	3552	2416	6345	453	182	1,820	1,820	3,640

Bilaga 2 Data från motortillverkarna

MAN 2013	Output kW	Air flow 100%		HT Heat 100% kW	LT Heat 100% kW	HT+LT korr Heat 100% kW	Radiation kW	SFOC 42700 kJ/kg g/kWh	SFOC increase in g/kWh per engine driven pump		
		kg/s	kg/s						HT	LT	LUB
L16/24-5 1000	450	2721	0,81	245	154	399	15	195	1,365	1,365	2,340
L16/24-6 1000	570	3446	1,03	304	193	497	19	195	1,365	1,365	2,340
L16/24-7 1000	665	4021	1,20	350	225	575	23	195	1,365	1,365	2,340
L16/24-8 1000	760	4595	1,37	394	257	651	26	195	1,365	1,365	2,340
L16/24-9 1000	855	9397	2,81	437	289	726	29	195	1,365	1,365	2,340
L16/24-5 1200	500	3169	0,95	249	179	428	17	191	1,337	1,337	2,292
L16/24-6 1200	660	4183	1,25	319	232	551	23	191	1,337	1,337	2,292
L16/24-7 1200	770	4880	1,46	365	270	635	26	191	1,337	1,337	2,292
L16/24-8 1200	880	5578	1,67	411	308	719	30	191	1,337	1,337	2,292
L16/24-9 1200	990	6275	1,87	454	346	800	34	191	1,337	1,337	2,292
L21/31-5 900	1000	6650	1,99	495	348	843	56	192	1,344	1,344	2,304
L21/31-6 900	1320	8800	2,63	633	449	1082	74	192	1,344	1,344	2,304
L21/31-7 900	1540	10400	3,11	724	516	1240	86	192	1,344	1,344	2,304
L21/31-8 900	1760	11800	3,52	810	583	1393	98	192	1,344	1,344	2,304
L21/31-9 900	1980	13500	4,03	894	650	1544	110	192	1,344	1,344	2,304
L21/31-5 1000	1000	6548	1,96	470	343	813	56	193	1,351	1,351	2,316
L21/31-6 1000	1320	8644	2,58	603	442	1045	74	193	1,351	1,351	2,316
L21/31-7 1000	1540	10084	3,01	690	509	1199	86	193	1,351	1,351	2,316
L21/31-8 1000	1760	11525	3,44	772	574	1346	98	193	1,351	1,351	2,316
L21/31-9 1000	1980	12965	3,87	853	640	1493	110	193	1,351	1,351	2,316
L23/30H-5 720	650	4556	1,36	182	320	502	27	194	1,358	1,358	0,970
L23/30H-6 720	780	5467	1,63	219	383	602	33	194	1,358	1,358	0,970
L23/30H-7 720	910	6378	1,91	257	446	703	38	194	1,358	1,358	0,970
L23/30H-8 720	1040	7289	2,18	294	507	801	44	194	1,358	1,358	0,970

Bilaga 2 Data från motortillverkarna

MAN 2013	Output kW	Air flow 100%		HT Heat 100% kW	LT Heat 100% kW	HT+LT korr Heat 100% kW	Radiation kW	SFOC 42700 kJ/kg g/kWh	SFOC increase in g/kWh per engine driven pump		
		kg/s	kg/s						HT	LT	LUB
L23/30H-5 750	675	4556	1,36	182	320	502	27	195	1,365	1,365	0,975
L23/30H-6 750	810	5467	1,63	219	383	602	33	195	1,365	1,365	0,975
L23/30H-7 750	945	6378	1,91	257	446	703	38	195	1,365	1,365	0,975
L23/30H-8 750	1080	7289	2,18	294	507	801	44	195	1,365	1,365	0,975
L23/30H-6 900	960	6725	2,01	244	486	730	32	196	1,372	1,372	0,980
L23/30H-7 900	1120	7845	2,34	285	565	850	37	196	1,372	1,372	0,980
L23/30H-8 900	1280	8966	2,68	326	645	971	43	196	1,372	1,372	0,980
L23/30H Mk2-5 720	710	4792	1,43	190	299	489	30	191	1,337	1,337	0,955
L23/30H Mk2-6 720	852	5750	1,72	230	356	586	36	191	1,337	1,337	0,955
L23/30H Mk2-7 720	994	6708	2,00	270	413	683	42	191	1,337	1,337	0,955
L23/30H Mk2-8 720	1136	7667	2,29	310	470	780	48	191	1,337	1,337	0,955
L23/30H Mk2-5 750	740	4994	1,49	195	327	522	30	192	1,344	1,344	0,960
L23/30H Mk2-6 750	888	5993	1,79	235	390	625	36	192	1,344	1,344	0,960
L23/30H Mk2-7 750	1036	6992	2,09	276	452	728	42	192	1,344	1,344	0,960
L23/30H Mk2-8 750	1184	7991	2,39	317	514	831	48	192	1,344	1,344	0,960
L23/30H Mk2-6 900	1050	7355	2,20	265	567	832	35	193	1,351	1,351	0,965
L23/30H Mk2-7 900	1225	8581	2,56	311	660	971	41	193	1,351	1,351	0,965
L23/30H Mk2-8 900	1400	9805	2,93	357	751	1108	47	193	1,351	1,351	0,965
L27/38-5 720	1500	9137	2,73	722	402	1124	63	184	1,288	1,288	2,208

Bilaga 2 Data från motortillverkarna

MAN 2013	Output kW	Air flow 100%		HT Heat 100% kW	LT Heat 100% kW	HT+LT korr Heat 100% kW	Radiation kW	SFOC 42700 kJ/kg g/kWh	SFOC increase in g/kWh per engine driven pump		
		kg/s	kg/s						HT	LT	LUB
L27/38-6 720	1980	12061	3,60	924	495	1419	83	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-7 720	2310	14071	4,20	1060	567	1627	97	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-8 720	2640	16082	4,80	1190	640	1830	111	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-9 720	2970	18092	5,40	1315	715	2030	125	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-5 750	1600	9951	2,97	751	424	1175	67	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-6 750	1980	12314	3,68	917	504	1421	83	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-7 750	2310	14367	4,29	1051	577	1628	97	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-8 750	2640	16419	4,90	1181	652	1833	111	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-9 750	2970	18472	5,52	1306	725	2031	125	184	1,288	1,288	2,208
L27/38-6 720 mgo	2100	12792	3,82	983	457	1440	70	186	1,302	1,302	2,232
L27/38-7 720 mgo	2450	14924	4,46	1152	529	1681	81	186	1,302	1,302	2,232
L27/38-8 720 mgo	2800	17056	5,09	1324	600	1924	93	186	1,302	1,302	2,232
L27/38-9 720 mgo	3150	19188	5,73	1495	670	2165	104	186	1,302	1,302	2,232
L27/38-6 750 mgo	2100	13003	3,88	994	463	1457	70	188	1,316	1,316	2,256
L27/38-7 750 mgo	2450	15170	4,53	1165	537	1702	81	188	1,316	1,316	2,256
L27/38-8 750 mgo	2800	17338	5,18	1337	610	1947	93	188	1,316	1,316	2,256
L27/38-9 750 mgo	3150	19505	5,83	1510	681	2191	104	188	1,316	1,316	2,256
L28/32H-5 720	1050	7355	2,20	234	546	780	26	190	1,330	1,330	0,950
L28/32H-6 720	1260	8826	2,64	281	627	908	31	190	1,330	1,330	0,950
L28/32H-7 720	1470	10297	3,08	328	768	1096	36	190	1,330	1,330	0,950
L28/32H-8 720	1680	11768	3,52	375	859	1234	42	190	1,330	1,330	0,950
L28/32H-9 720	1890	13239	3,95	421	937	1358	47	190	1,330	1,330	0,950
L28/32H-5 750	1100	7826	2,34	245	588	833	27	191	1,337	1,337	0,955
L28/32H-6 750	1320	9391	2,81	294	676	970	33	191	1,337	1,337	0,955

Bilaga 2 Data från motortillverkarna

MAN 2013	Output kW	Air flow 100%		HT Heat 100% kW	LT Heat 100% kW	HT+LT korr Heat 100% kW	Radiation kW	SFOC 42700 kJ/kg g/kWh	SFOC increase in g/kWh per engine driven pump		
		kg/s	kg/s						HT	LT	LUB
L28/32H-7 750	1540	10956	3,27	343	826	1169	38	191	1,337	1,337	0,955
L28/32H-8 750	1760	12521	3,74	392	908	1300	44	191	1,337	1,337	0,955
L28/32H-9 750	1980	14087	4,21	442	1009	1451	49	191	1,337	1,337	0,955
L32/40-6 750	3000	20,2	5,61	1162	792	1954	104	185	1,850	1,850	3,700
L32/40-7 750	3500	23,6	6,56	1320	925	2245	121	185	1,850	1,850	3,700
L32/40-8 750	4000	27	7,50	1523	1070	2593	139	185	1,850	1,850	3,700
L32/40-9 750	4500	30,3	8,42	1678	1204	2882	156	185	1,850	1,850	3,700
L32/44-6 720/750	3600	22,6	6,28	1518	1045	2563	126	180	0,414	0,522	2,250
L32/44-8 720/750	4800	30,1	8,36	2003	1408	3411	168	180	0,414	0,522	2,250
L32/44-9 720/750	5400	33,9	9,42	2282	1592	3874	189	180	0,414	0,522	2,250
L32/44-10 720/750	6000	37,7	10,47	2495	1773	4268	210	180	0,414	0,522	2,250
V32/44-12 720/750	7200	45,2	12,56	3112	2019	5131	252	180	0,414	0,522	2,250
V32/44-16 720/750	9600	60,3	16,75	4099	2726	6825	335	180	0,414	0,522	2,250
V32/44-18 720/750	10800	67,8	18,83	4640	3099	7739	377	180	0,414	0,522	2,250
V32/44-20 720/750	12000	75,4	20,94	5084	3447	8531	419	180	0,414	0,522	2,250

Bilaga 2 Data från motortillverkarna

MaK (Carterpillar) 2011-2012	Output kW	Air flow 100%		HT Heat 100% kW	LT Heat 100% kW	HT+LT korr Heat 100% kW	Radiation kW	SFOC 42700 kJ/kg g/kWh	SFOC increase in g/kWh per engine driven pump		
		kg/s	kg/s						HT	LT	LUB
M20C 6 900	1020	6135	2,05	156	548	704	52	187	1,87	1,87	1,87
M20C 6 1000	1140	6790	2,27	174	622	796	52	190	1,9	1,9	1,9
M20C 8 900	1360	9240	3,09	208	802	1010	69	187	1,87	1,87	1,87
M20C 8 1000	1520	9485	3,17	232	859	1091	69	190	1,9	1,9	1,9
M20C 9 900	1530	10395	3,48	234	903	1137	78	187	1,87	1,87	1,87
M20C 9 1000	1710	10663	3,57	261	966	1227	78	190	1,9	1,9	1,9
M25C 6 720	1900	10475	3,50	785	440	1225	85	186	1,86	1,86	1,86
M25C 6 750	2000	11290	3,78	854	469	1323	85	186	1,86	1,86	1,86
M25C 8 720	2534	13650	4,57	1013	581	1594	113	186	1,86	1,86	1,86
M25C 8 750	2666	14740	4,93	1122	618	1740	113	186	1,86	1,86	1,86
M25C 9 720	2850	15570	5,21	1190	659	1849	128	187	1,87	1,87	1,87
M25C 9 750	3000	15835	5,30	1224	685	1909	128	187	1,87	1,87	1,87
M32C 6 600	3000	17150	5,74	1595	740	2335	150	177	1,77	1,77	1,77
M32C 8 600	4000	23350	7,81	2080	1030	3110	190	177	1,77	1,77	1,77
M32C 9 600	4500	26250	8,78	2330	1165	3495	210	177	1,77	1,77	1,77
VM32C 12 720	6000	34400	11,51	2845	1259	4104	260	178	1,78	1,78	1,78
VM32C 12 750	6000	35005	11,71	3045	1325	4370	260	179	1,79	1,79	1,79
VM32C 16 720	8000	46135	15,43	3847	1668	5515	347	178	1,78	1,78	1,78
VM32C 16 750	8000	47050	15,74	3990	1817	5807	347	179	1,79	1,79	1,79

Bilaga 3 Volymkorrektionsfaktor

Oljors densitet ändras beroende på temperaturen. Det är därför nödvändigt att korrigera den avlästa volymen från flödesmätare ombord, i de fall då densiteten från oljans produktblad, bunkerkvittot eller analysrapport ska användas till beräkningar. Denna volymkorrektionsfaktor, VCF, går att utläsa ur ASTM tabell 54B, och är tillämpbar både på bränn- och smörjoljor. Om denna finns att tillgå ska faktorn tas därifrån.

Om inte tabellen finns tillgänglig kan faktorn beräknas med följande ekvationer givna av ASTM (American Society for Testing and Materials, American Petroleum Institute och The Institute of Petroleum. 1980). Där,

$$\rho_T = \rho_{15} \left[1 - \alpha (T - 15) \right] \quad (1.1)$$

och,

$$\alpha = \frac{\rho_{15} - \rho_{30}}{15 - 30} \quad (1.2)$$

och,

$$\beta = \frac{\rho_{30} - \rho_{35}}{30 - 35} \quad (1.3)$$

där ρ_{15} ; ρ_{30} ; ρ_{35} ; ρ_T är oljans densitet vid +15°C angivet i kg/m³ och T är oljans aktuella temperatur i °C. Ekvationerna är censurerade på grund av upphovsrättsliga skäl.

Ekvation 1.1 är giltig i de fall oljan har en densitet och temperatur mellan 839,0 och 1075 kg/m³ samt -18°C och +120°C. Vidare ska resultatet avrundas till fyra decimaler.

Ett värde kan även tas direkt ur tabell 1.8 som är beräknad via ekvation 1.1, alternativt interpoleras fram med hjälp av att

$$\alpha = x_1 - 0,2 * (x_1 - x_2) * (T - T_1) , \quad (1.4)$$

och

$$\beta = y_1 - 0,2 * (y_1 - y_2) * (T - T_1) . \quad (1.5)$$

γ , det interpolerade värdet, kan nu lösas ut med ekvationen,

$$\gamma = \alpha - 0,1 * (\alpha - \beta) * (\rho - \rho_1) . \quad (1.6)$$

Där D är den sökta densiteten i kg/m³ och T den sökta temperaturen i grader Celsius. Vidare är ρ_1 och ρ_2 samt T_1 och T_2 de närmsta värdena under och över den sökta densiteten och temperaturen som finns i tabellen i enlighet med bild 1.7.

Densitet	840	850	ρ_1	ρ_2	880
30 °C	0,9873	0,9875	0,9877	0,9879	0,9880
35 °C	0,9830	0,9833	0,9836	0,9838	0,9840
T_1	0,9788	0,9791	x_1	y_1	0,9800
T_2	0,9745	0,9749	x_2	y_2	0,9760
50 °C	0,9702	0,9707	0,9711	0,9716	0,9720

Bild 1.7 visar ett exempel på de olika beteckningarna i ekvationerna 1.4 till 1.6 insatta i ett utdrag ur tabell 1.8.

Bilaga 3 Volymkorrektionsfaktor

Tabell 1.8 volymkorrigeringsfaktorer enligt ekvation 1.1.

Densitet	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940	950
30 °C	0,9873	0,9875	0,9877	0,9879	0,9880	0,9882	0,9884	0,9886	0,9887	0,9889	0,9890	0,9892
35 °C	0,9830	0,9833	0,9836	0,9838	0,9840	0,9843	0,9845	0,9847	0,9849	0,9852	0,9854	0,9856
40 °C	0,9788	0,9791	0,9794	0,9797	0,9800	0,9803	0,9806	0,9809	0,9812	0,9814	0,9817	0,9819
45 °C	0,9745	0,9749	0,9753	0,9757	0,9760	0,9764	0,9767	0,9770	0,9774	0,9777	0,9780	0,9783
50 °C	0,9702	0,9707	0,9711	0,9716	0,9720	0,9724	0,9728	0,9732	0,9736	0,9739	0,9743	0,9747
55 °C	0,9659	0,9665	0,9670	0,9675	0,9680	0,9684	0,9689	0,9693	0,9698	0,9702	0,9706	0,9710
60 °C	0,9616	0,9622	0,9628	0,9634	0,9639	0,9645	0,9650	0,9655	0,9660	0,9664	0,9669	0,9674
65 °C	0,9573	0,9580	0,9586	0,9593	0,9599	0,9605	0,9610	0,9616	0,9621	0,9627	0,9632	0,9637
70 °C	0,9530	0,9537	0,9545	0,9551	0,9558	0,9565	0,9571	0,9577	0,9583	0,9589	0,9595	0,9600
75 °C	0,9487	0,9495	0,9503	0,9510	0,9518	0,9525	0,9532	0,9538	0,9545	0,9551	0,9557	0,9564
80 °C	0,9444	0,9452	0,9461	0,9469	0,9477	0,9485	0,9492	0,9499	0,9507	0,9513	0,9520	0,9527
85 °C	0,9400	0,9410	0,9419	0,9427	0,9436	0,9444	0,9453	0,9460	0,9468	0,9476	0,9483	0,9490
90 °C	0,9357	0,9367	0,9377	0,9386	0,9395	0,9404	0,9413	0,9421	0,9430	0,9438	0,9445	0,9453

Densitet	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070
30 °C	0,9893	0,9895	0,9896	0,9897	0,9899	0,9900	0,9901	0,9902	0,9904	0,9905	0,9906	0,9907
35 °C	0,9858	0,9859	0,9861	0,9863	0,9865	0,9867	0,9868	0,9870	0,9871	0,9873	0,9875	0,9876
40 °C	0,9822	0,9824	0,9826	0,9829	0,9831	0,9833	0,9835	0,9837	0,9839	0,9841	0,9843	0,9845
45 °C	0,9786	0,9789	0,9792	0,9794	0,9797	0,9799	0,9802	0,9804	0,9807	0,9809	0,9811	0,9814
50 °C	0,9750	0,9753	0,9757	0,9760	0,9763	0,9766	0,9769	0,9772	0,9774	0,9777	0,9780	0,9782
55 °C	0,9714	0,9718	0,9722	0,9725	0,9729	0,9732	0,9735	0,9739	0,9742	0,9745	0,9748	0,9751
60 °C	0,9678	0,9682	0,9686	0,9691	0,9694	0,9698	0,9702	0,9706	0,9709	0,9713	0,9716	0,9720
65 °C	0,9642	0,9647	0,9651	0,9656	0,9660	0,9665	0,9669	0,9673	0,9677	0,9681	0,9685	0,9688
70 °C	0,9606	0,9611	0,9616	0,9621	0,9626	0,9631	0,9635	0,9640	0,9644	0,9649	0,9653	0,9657
75 °C	0,9569	0,9575	0,9581	0,9586	0,9592	0,9597	0,9602	0,9607	0,9612	0,9616	0,9621	0,9626
80 °C	0,9533	0,9539	0,9546	0,9551	0,9557	0,9563	0,9568	0,9574	0,9579	0,9584	0,9589	0,9594
85 °C	0,9497	0,9504	0,9510	0,9517	0,9523	0,9529	0,9535	0,9541	0,9546	0,9552	0,9557	0,9563
90 °C	0,9460	0,9468	0,9475	0,9482	0,9488	0,9495	0,9501	0,9507	0,9514	0,9519	0,9525	0,9531

Bilaga 4 Beräkningsmetod

1 Allmänt

Detta är en approximativ beräkningsmetod för att beräkna kostnaden per producerad kWh, ombord på befintliga fartyg. Beräkningsmetoden är uppbyggd kring sju stycken moduler, som vardera beräknar en specifik delkostnad. Vilka moduler som ska beräknas styrs av två regler, nämligen att,

- Endast kostnader som betalas av den beräknande parten ska beräknas (regel 4.1.2.1)
- Endast kostnader relevanta för ändamålet ska beräknas (regel 4.1.2.2)

Därför bör följande frågor ställas innan beräkningarna påbörjas

- För vem beräknas elpriset? (vad betalar den parten för kostnader)
- Varför beräknas elpriset? (elbesparande återgårdar, landanslutning av fartyg, med mera)
- Vilka kostnader ska tas med? (beror på svaren på ovanstående frågor)

Det rekommenderas att seniorofficerer tillsammans med parten för vilket elpriset beräknas, gör detta urval av moduler. Det fodras en bakgrundskunskap i exempelvis fartygets befraktning och avtalen som styr denna för att kunna göra ett korrekt val. Därefter sker beräkning i följande steg

- Datainsamling
- Beräkning av realproduktionen
- Beräkning av volymkorrektionsfaktorer (i de fall modul ett till tre ska beräknas)
- Beräkning av enskilda moduler
- Summering av enskilda moduler för att ge kostnaden per kWh.

Modul sex, kapitalkostnadsmodulen, är ett specialfall. Ska denna beräknas i enlighet med regel 4.1.2.1, måste regel 4.1.2.2 tas i särskild beaktning.

Ett exempel på detta är, om elpriset ska beräknas för jämförelse med landanslutning. I detta fallet finns kapitalkostnaden oavsett om landanslutning används eller ej. I och med att kostnadsposten finns i bägge alternativen skall den ej beräknas då den i enighet med regel 4.1.2.2 inte är relevant för jämförelsen.

För mer exempel och information om beräkningsmetoden, hänvisas ni till:

Johansson, T. Thelin, K. (2014) *En approximativ beräkningsmetod för beräkning av kostnaden per kilowattimme elenergi – Anpassad för dieselgeneratorer ombord på befintlig fartygsflotta*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola (Institutionen för sjöfart och marin teknik)

Bilaga 4 Beräkningsmetod

1.1 Driftdatainsamling

För att kunna beräkna kostnaden med denna beräkningsmetod ska driftdatainsamlingen ske över en period. Denna beräkningsperiod väljs beroende ändamålet, men kan med fördel vara inom spannet en månad till ett år. En längre period har fördelen att den ger ett medelvärde, samt att den inte är lika känslig för tillfälliga variationer i driften. En allt för lång period ger ett värde som inte är representativt för den aktuella kostnaden.

Denna beräkningsperiod gäller dock inte för reservdelskostnaderna. Där bör en längre period väljas baserat på systemets underhållscykel. Detta för att hela systemets serviceintervall ska ingå.

Det är inte säkert att all data som behövs finns tillgänglig ombord. Vilken metod som används för att för att samla in dessa får anpassas för varje fartygs specifika förutsättningar.

Då beräkningsmetoden i sitt utförande är approximativ, kan i många fall även förhållandevis korrekta uppskattningar användas istället. Dessa uppskattningar kan göras med hjälp av systemkännedom, och grundläggande data rörande maskineriet.

1.2 Beräkning av realproduktionen

För att kunna generera elenergi med en dieselgenerator behövs kringssystem som förser motorn med luft, kylning, bränsle med mera. Dessa pumpar och fläktar förbrukar elenergi. Då denna elenergi representerar en kostnad, ska den tas med i beräkningarna. Detta sker genom att den dras bort från den nominella kraftproduktionen enligt ekvationen,

$$RkWh = NkWh - IkWh, \quad (4.2.1.1)$$

där $NkWh$ är den nominella produktionen av elenergi, vilket innebär det avlästa värdet från huvudtavlans elmätare; $RkWh$ är realproduktionen av elenergi och $IkWh$ är egenförbrukningen av elenergi.

För att beräkna realproduktionen behöver egenförbrukningen beräknas. Dessa beräkningar kan i många fall vara komplicerade att göra på grund av mätproblematik. Om inte fasta elmätare finns installerade, alternativt att portabel mätutrustning används för att uppskatta egenförbrukningen, kan ett approximativt värde baserat på data från motortillverkare användas. De fullständiga beräkningarna för detta approximativa värde återfinns i bilaga 1.

I enighet med bilaga 1, sker beräkningarna av egenförbrukningen av elenergi beroende på driftfall. Det vill säga hur fartygets maskineri är uppbyggt och hur det körs, modifierar ekvation 1.12.1 i bilaga 1 och ger upphov till 12 olika ekvationer. Det aktuella fartygets driftfall avgör vilken av dessa som ska användas för att beräkna egenförbrukningen.

Bilaga 4 Beräkningsmetod

För att få fram rätt driftfall väljs först det fall nedan av A, B eller C som bäst passar in på det aktuella fartyget,

- A. HT-, LT-, och LUB- pumparna drivs av elmotorer
- B. LT- pumparna drivs av elmotorer, HT- och LUB- pumparna drivs av motorn
- C. HT-, LT-, och LUB- pumparna drivs av motorn.

Proceduren upprepas och det fall av 1, 2, 3, eller 4 som bäst passar in väljs,

- 1. En sjövätpump går, och fläktarna går på lågfart
- 2. En sjövätpump går, och fläktarna går på högfart
- 3. Två sjövätpumpar går, och fläktarna går på lågfart
- 4. Två sjövätpumpar går, och fläktarna går på högfart.

OBS! Om fartyget har boxkylare, och därför saknar sjövätpumpar, väljs det alternativ där fläktarnas driftfall bäst överensstämmer.

Med hjälp av tabell 1.12.3 från bilaga 1, kan nu rätt ekvation utläsas.

Tabell 1.12.3, bilaga 1, de driftfall (grå rutor) som bäst stämmer in på det aktuella fartyget ska väljas, dessa kombineras och ger en bokstavsnummer kombination som anger vilken ekvation som ska användas i tabell 1.12.4, bilaga 1.

	1	2	3	4
A	A1	A2	A3	A4
B	B1	B2	B3	B4
C	C1	C2	C3	C4

Bilaga 4 Beräkningsmetod

Tabell 1.12.4, bilaga 1, ekvationer för beräkning av egenförbrukningen av elenergi. OBS! Om fartyget har boxkylare, och därför saknar sjövattpumpar, skall den delen av ekvationen som är gråmarkerad strykas!

A1	$I kWh = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
A2	$I kWh = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
A3	$I kWh = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
A4	$I kWh = ([K_{drift} * (0,005906x + 5,75)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
B1	$I kWh = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
B2	$I kWh = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
B3	$I kWh = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
B4	$I kWh = ([K_{drift} * (0,001759x + 1,90)] + [N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
C1	$I kWh = ([N * (0,000965x - 0,27)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
C2	$I kWh = ([N * (0,004542x + 0,04)] + [0,002718X + 1,90]) * RT$
C3	$I kWh = ([N * (0,000965x - 0,27)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$
C4	$I kWh = ([N * (0,004542x + 0,04)] + [0,005437X + 3,79]) * RT$

Där x , är den genomsnittliga motoreffekten på dieselgeneratorerna, X är summerade motoreffekten på dieselgeneratorerna och N är antalet dieselgeneratorer. Korrektionsfaktorn, K_{drift} , fås enligt ekvationen

$$K_{drift} = \frac{TRT}{RT}, \quad (\text{bilaga 1, 1.12.2})$$

där TRT är antalet drifttimmar på samtliga dieselgeneratorer i beräkningsperioden och RT är antalet timmar dieselgenerator drift i beräkningsperioden.

Bilaga 4 Beräkningsmetod

1.2.1 Data för beräkning av realproduktionen

Totala antalet producerade kilowattimmar i beräkningsperioden, avläses från huvudtavlans elmätare

$NkWh =$	
----------	--

Antalet timmar dieselgenerator drift i beräkningsperioden

$RT =$	
--------	--

Totala antalet drifttimmar på samtliga dieselgeneratorer i beräkningsperioden

$TRT =$	
---------	--

K_{drift} , fås genom ekvationen, $K_{drift} = \frac{TRT}{RT}$

$K_{drift} =$	
---------------	--

Antalet dieselgeneratorer

$N =$	
-------	--

Summerad motoreffekt i kW på samtliga dieselgeneratorer, fås genom att summera dieselgeneratorernas motoreffekt

$X =$	
-------	--

Genomsnittlig motoreffekt i kW på dieselgeneratorerna, fås genom att den summerade motoreffekten delas med antalet dieselgeneratorer

$x =$	
-------	--

Välj ekvation efter driftfall, se avsnitt 1.2, och beräkna $IkWh$ med hjälp av datan ovan, alternativt använd fast eller portabel mätutrustning för att mäta/uppskatta egenförbrukningen

$IkWh =$	
----------	--

Beräkna realproduktionen, fås genom ekvationen, $RkWh = NkWh - IkWh$

$RkWh =$	
----------	--

Bilaga 4 Beräkningsmetod

1.3 Beräkning av volymkorrektionsfaktorer

Oljors densitet ändras beroende på temperaturen. Det är därför nödvändigt att korrigera den avlästa volymen från flödesmätare ombord, i de fall då densiteten från oljans produktblad, bunkerkvitto eller analysrapport ska användas till beräkningar. Denna volymkorrektionsfaktor, VCF, går att utläsa ur ASTM tabell 54B, och är tillämpbar både på bränn- och smörjoljor. Om denna finns att tillgå ska faktorn tas därifrån. Ett värde kan även tas direkt ur tabell 1.8, bilaga 3, (kopia i slutet av avsnittet). Denna är beräknad via en ekvation given i standard av ASTM (American Society for Testing and Materials, American Petroleum Institute och The Institute of Petroleum. 1980).

Då beräkningsmetoden är approximativ kan ett värde interpoleras fram ut tabell 1.8, bilaga 3, med hjälp av att,

$$\alpha = x_1 - 0,2 * (x_1 - x_2) * (T - T_1), \quad (\text{bilaga 3, 1.4})$$

och

$$\beta = y_1 - 0,2 * (y_1 - y_2) * (T - T_1). \quad (\text{bilaga 3, 1.5})$$

γ , det interpolerade värdet, kan nu lösas ut med ekvationen,

$$\gamma = \alpha - 0,1 * (\alpha - \beta) * (\rho - \rho_1). \quad (\text{bilaga 3, 1.6})$$

Där D är den sökta densiteten i kg/m^3 och T den sökta temperaturen i grader Celsius. Vidare är ρ_1 och ρ_2 samt T_1 och T_2 de närmsta värdena under och över den sökta densiteten och temperaturen som finns i tabellen i enlighet med bild 1.7, bilaga 3.

Densitet	840	850	ρ_1	ρ_2	880
30 °C	0,9873	0,9875	0,9877	0,9879	0,9880
35 °C	0,9830	0,9833	0,9836	0,9838	0,9840
T_1	0,9788	0,9791	x_1	y_1	0,9800
T_2	0,9745	0,9749	x_2	y_2	0,9760
50 °C	0,9702	0,9707	0,9711	0,9716	0,9720

Bild 1.7, bilaga 3, visar ett exempel på de olika beteckningarna i ekvationerna 1.4 till 1.6 i bilaga 3, insatta i ett utdrag ur tabell 1.8, bilaga 3.

Bilaga 4 Beräkningsmetod

1.3.1 Data för beräkning av volymkorrektionsfaktorn

Observerad medeltemperatur i tank/flödesmätare i grader Celsius, i dieselgeneratorernas dagtank.

$T(1) =$	
----------	--

Observerad medeltemperatur i tank/flödesmätare i grader Celsius, i huvudmaskins dagtank.

Endast om dieselgeneratorerna och huvudmaskineriet använder samma bränsle!

$T(2) =$	
----------	--

Observerad medeltemperatur i tank/flödesmätare i grader Celsius, i pannans dagtank.

Endast om dieselgeneratorerna och pannan använder samma bränsle!

$T(3) =$	
----------	--

Observerad medeltemperatur i tank/flödesmätare i grader Celsius, olja från bunkertankarna.

$T(4) =$	
----------	--

Observerad medeltemperatur i tank/flödesmätare i grader Celsius, i dieselgeneratorernas förvaringstank för smörjolja.

$T(L) =$	
----------	--

Densitet enligt bunkerkvitto/analysrapport/produktblad (+15°C) OBS! ska anges i kg/m³

Brännolja $\rho_{fo} =$	Smörjolja $\rho_{lub} =$

Volymkorrektionsfaktor enligt ASTM tabell 54B, alternativt interpolerad fram ur tabell 1.8, bilaga 3.

$VCF_1 =$ (DG dagtk.)	$VCF_2 =$ (HM dagtk.)	$VCF_3 =$ (Panna dagtk.)	$VCF_4 =$ (Bunkertk.)	$VCF_L =$ (DG lub s.tk.)

Bilaga 4 Beräkningsmetod

Tabell 1.8, bilaga 3, volymkorrigeringsfaktorer enligt ekvation 1.1 i bilaga 3. Kopia från bilaga 3.

Densitet	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940	950
30 °C	0,9873	0,9875	0,9877	0,9879	0,9880	0,9882	0,9884	0,9886	0,9887	0,9889	0,9890	0,9892
35 °C	0,9830	0,9833	0,9836	0,9838	0,9840	0,9843	0,9845	0,9847	0,9849	0,9852	0,9854	0,9856
40 °C	0,9788	0,9791	0,9794	0,9797	0,9800	0,9803	0,9806	0,9809	0,9812	0,9814	0,9817	0,9819
45 °C	0,9745	0,9749	0,9753	0,9757	0,9760	0,9764	0,9767	0,9770	0,9774	0,9777	0,9780	0,9783
50 °C	0,9702	0,9707	0,9711	0,9716	0,9720	0,9724	0,9728	0,9732	0,9736	0,9739	0,9743	0,9747
55 °C	0,9659	0,9665	0,9670	0,9675	0,9680	0,9684	0,9689	0,9693	0,9698	0,9702	0,9706	0,9710
60 °C	0,9616	0,9622	0,9628	0,9634	0,9639	0,9645	0,9650	0,9655	0,9660	0,9664	0,9669	0,9674
65 °C	0,9573	0,9580	0,9586	0,9593	0,9599	0,9605	0,9610	0,9616	0,9621	0,9627	0,9632	0,9637
70 °C	0,9530	0,9537	0,9545	0,9551	0,9558	0,9565	0,9571	0,9577	0,9583	0,9589	0,9595	0,9600
75 °C	0,9487	0,9495	0,9503	0,9510	0,9518	0,9525	0,9532	0,9538	0,9545	0,9551	0,9557	0,9564
80 °C	0,9444	0,9452	0,9461	0,9469	0,9477	0,9485	0,9492	0,9499	0,9507	0,9513	0,9520	0,9527
85 °C	0,9400	0,9410	0,9419	0,9427	0,9436	0,9444	0,9453	0,9460	0,9468	0,9476	0,9483	0,9490
90 °C	0,9357	0,9367	0,9377	0,9386	0,9395	0,9404	0,9413	0,9421	0,9430	0,9438	0,9445	0,9453

Densitet	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070
30 °C	0,9893	0,9895	0,9896	0,9897	0,9899	0,9900	0,9901	0,9902	0,9904	0,9905	0,9906	0,9907
35 °C	0,9858	0,9859	0,9861	0,9863	0,9865	0,9867	0,9868	0,9870	0,9871	0,9873	0,9875	0,9876
40 °C	0,9822	0,9824	0,9826	0,9829	0,9831	0,9833	0,9835	0,9837	0,9839	0,9841	0,9843	0,9845
45 °C	0,9786	0,9789	0,9792	0,9794	0,9797	0,9799	0,9802	0,9804	0,9807	0,9809	0,9811	0,9814
50 °C	0,9750	0,9753	0,9757	0,9760	0,9763	0,9766	0,9769	0,9772	0,9774	0,9777	0,9780	0,9782
55 °C	0,9714	0,9718	0,9722	0,9725	0,9729	0,9732	0,9735	0,9739	0,9742	0,9745	0,9748	0,9751
60 °C	0,9678	0,9682	0,9686	0,9691	0,9694	0,9698	0,9702	0,9706	0,9709	0,9713	0,9716	0,9720
65 °C	0,9642	0,9647	0,9651	0,9656	0,9660	0,9665	0,9669	0,9673	0,9677	0,9681	0,9685	0,9688
70 °C	0,9606	0,9611	0,9616	0,9621	0,9626	0,9631	0,9635	0,9640	0,9644	0,9649	0,9653	0,9657
75 °C	0,9569	0,9575	0,9581	0,9586	0,9592	0,9597	0,9602	0,9607	0,9612	0,9616	0,9621	0,9626
80 °C	0,9533	0,9539	0,9546	0,9551	0,9557	0,9563	0,9568	0,9574	0,9579	0,9584	0,9589	0,9594
85 °C	0,9497	0,9504	0,9510	0,9517	0,9523	0,9529	0,9535	0,9541	0,9546	0,9552	0,9557	0,9563
90 °C	0,9460	0,9468	0,9475	0,9482	0,9488	0,9495	0,9501	0,9507	0,9514	0,9519	0,9525	0,9531

Bilaga 4 Beräkningsmetod

2 Beräkning av enskilda moduler

I de fall där ekvationerna givna i de enskilda modulerna inte är lämpade för det specifika fartyget, kan kostnaden beräknas med ekvation 4.3.7.1 beskriven i modulen för övriga förbrukningar.

2.1 Brännolja-modulen

Brännolja-modulens funktion är att beräkna kostnaden per kWh för den mängd brännolja som förbrukas av dieselgeneratorerna ombord.

Den förbrukning som avses är den olja som dieselgeneratorerna tar från dagtanken. Då värdet står för merparten av den totala kostnaden, får procentuella fel en stor påverkan på det slutgiltiga resultatet. Därför är det rekommenderat att inte uppskatta detta värde, utan att en flödesmätare med hög noggrannhet permanent installeras i systemet om sådan saknas. Beräkningen sker enligt ekvationen,

$$EC_1 = \frac{P * V_1 * VCF_1 * \rho}{RkWh}, \quad (4.3.1.1)$$

där P motsvarar aktuell kostnad per ton; V_1 är dieselgeneratorernas förbrukning i m^3 ; VCF_1 är volymkorrigeringsfaktorn, enligt avsnitt 1.3.1; ρ är oljans densitet vid $+15^\circ C$ i ton per m^3 .

2.1.1 Data för beräkning av brännolja-modulen

Brännoljans aktuella pris per ton

$P =$	
-------	--

Brännoljans densitet enligt bunkerkvitto/analysrapport/produktblad ($+15^\circ C$) OBS! ska anges i ton/ m^3

$\rho =$	
----------	--

Volymkorrektionsfaktorn för brännolja från dieselgeneratorernas dagtank, enligt avsnitt 1.3.1

$VCF_1 =$	
-----------	--

Förbrukad volym bunkerolja enligt flödesmätare i m^3

$V_1 =$	
---------	--

Bilaga 4 Beräkningsmetod

Realproduktionen enligt avsnitt 1.2.1

$RkWh =$	
----------	--

Sätt in givna data i ekvation 4.3.1.1 och beräkna kostnad per kWh för brännoljaemodulen

$EC_1 =$	
----------	--

2.2 Smörjoljaemodulen

Smörjoljaemodulens funktion är att beräkna kostnaden per kWh för den mängd smörjolja som förbrukas av dieselgeneratorerna ombord, samt den mängd som frånskiljs i separatorerna.

Det värde som ska användas är mängden smörjolja som fylls på i dieselgeneratorerna. Om flödesmätare saknas, kan uppskattningar göras med hjälp av systemkännedom, och grundläggande data rörande maskineriet, i enlighet med avsnitt 4.1.3 i arbetet av Johansson och Thelin.

Beräkningen sker enligt ekvationen,

$$EC_2 = \frac{P * V_L * VCF_L * \rho}{RkWh}, \quad (4.3.1.1)$$

där P motsvarar aktuell kostnad per ton; V_L är dieselgeneratorernas förbrukning i m^3 ; VCF_L är volymkorrigeringsfaktorn, enligt avsnitt 1.3.1; ρ är oljans densitet vid $+15^\circ C$ i ton per m^3 .

2.2.1 Data för beräkning av smörjoljaemodulen

Smörjoljaens aktuella pris per ton

$P =$	
-------	--

Smörjoljaens densitet enligt bunkerkvitto/analysrapport/produktblad ($+15^\circ C$) OBS! ska anges i ton/ m^3

$\rho =$	
----------	--

Volymkorrektionsfaktorn för smörjoljaen från dieselgeneratorernas förvaringstank, enligt avsnitt 1.3.1

$VCF_L =$	
-----------	--

Bilaga 4 Beräkningsmetod

Förbrukad volym smörjolja enligt flödesmätare i m³

$V_L =$	
---------	--

Realproduktionen enligt avsnitt 1.2.1

$RkWh =$	
----------	--

Sätt in givna data i ekvation 4.3.1.1 och beräkna kostnad per kWh för smörjoljemodulen

$EC_2 =$	
----------	--

2.3 Sludgemodulen

Sludgemodulens funktion är att beräkna kostnaden per kWh för den mängd brännolja som avskiljs av separatorerna ombord.

Denna modul används när separater nyttjas för att rena brännoljan till dieselgeneratorerna, och finns därför i två utförande. Ekvation 4.3.3.1 används i de fall dieselgeneratorerna nyttjar samma bränsle som andra förbrukare, ekvation 4.3.3.2 i de fall den är den enda förbrukaren.

Ekvationen för flera förbrukare ser ut enligt följande,

$$EC_3 = \frac{V_1 * (m_B - [(V_1 * VCF_1 + V_2 * VCF_2 + V_3 * VCF_3) * \rho]) * P}{(V_1 + V_2 + V_3) * RkWh}, \quad (4.3.3.1)$$

där m_B är mängden olja flyttad till settlingtankar, i ton; $V_{1,2,3}$ förbrukning hos dieselgeneratorer, huvudmaskineri och panna i m³; $VCF_{1,2,3}$ är volymkorrigeringsfaktor hos dieselgeneratorer, huvudmaskineri och panna, enligt avsnitt 1.3.1. Ekvationen går att justera med fler eller färre förbrukare ifall det specifika fartyget fodrar det. Det sker genom att $V_n * VCF_n$ adderas i den innersta parenteserna i täljaren och att V_n adderas in i parenteserna i nämnaren ifall fler förbrukare önskas. Ifall färre förbrukare önskas stryks motsvarande termer.

Ekvationen för en förbrukare ser ut enligt följande,

$$EC_3 = \frac{(m_B - [V_1 * VCF_1 * \rho]) * P}{RkWh}. \quad (4.3.3.2)$$

Bilaga 4 Beräkningsmetod

2.3.1 Data för beräkning av sludgemodulen

Brännoljaens aktuella pris per ton

$P =$	
-------	--

Brännoljaens densitet enligt bunkerkvitto/analysrapport/produktblad (+15°C) OBS! ska anges i ton/m³

$\rho =$	
----------	--

Volymkorrektionsfaktorn för brännolja från dieselgeneratorernas dagtank, enligt avsnitt 1.3.1

$VCF_1 =$	
-----------	--

Dieselgeneratorernas förbrukade volym bunkerolja enligt flödesmätare i m³

$V_1 =$	
---------	--

Volymkorrektionsfaktorn för brännolja från huvudmaskineriets dagtank, enligt avsnitt 1.3.1
Endast om ekvation 4.3.3.1 används!

$VCF_2 =$	
-----------	--

Huvudmaskineriets förbrukade volym bunkerolja enligt flödesmätare i m³
Endast om ekvation 4.3.3.1 används!

$V_2 =$	
---------	--

Volymkorrektionsfaktorn för brännolja från pannans dagtank, enligt avsnitt 1.3.1
Endast om ekvation 4.3.3.1 används!

$VCF_3 =$	
-----------	--

Pannans förbrukade volym bunkerolja enligt flödesmätare i m³
Endast om ekvation 4.3.3.1 används!

$V_3 =$	
---------	--

Bilaga 4 Beräkningsmetod

Antal ton flyttad olja från bunkertankar till settlingtankar, går att beräkna enligt ekvationen,

$$m_B = V_4 * VCF_4 * \rho$$

$m_B =$	
---------	--

Realproduktionen enligt avsnitt 1.2.1

$RkWh =$	
----------	--

Sätt in givna data i ekvation 4.3.3.1 eller 4.3.3.2 och beräkna kostnad per kWh för sludgemodulen

$EC_3 =$	
----------	--

2.4 Reservdelskostnadsmodulen

Innan reservdelskostnadsmodulen beräknas behöver kostnaderna PM , och UPM beräknas. Dessa är reservdelskostnader per timma dieselgenerator drift för planerat (PM), respektive oplanerat (UPM) underhåll, för dieselgeneratorerna och tillhörande kringssystem. I enlighet med avsnitt 4.1.3 i arbetet av Johansson och Thelin bör dessa beräknas över hela systemets underhållscykel.

PM och UPM har följande ekvationer,

$$PM = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{TRT_m}, \quad (4.3.4.1)$$

och

$$UPM = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{TRT_m}, \quad (4.3.4.2)$$

där S_n är kostnaden för individuella reservdelar och TRT_m är det totala antalet drifttimmar på dieselgeneratorerna i underhållsnyckeln som kostnaderna beräknas över.

PM och UPM är värden som inte nödvändigtvis måste beräknas på nytt varje gång beräkningsmetoden används. Förslagsvis kan detta värde beräknas på nytt då någon form av kostsamt underhåll genomförs.

Bilaga 4 Beräkningsmetod

De framräknade värden på PM och UPM används sedan i reservdelsmodulen. Vars uppgift är att beräkna kostnaden per kWh för reservdelarna som används vid underhåll. Detta sker enligt ekvationen,

$$EC_4 = \frac{PM * TRT + UPM * TRT}{RkWh}, \quad (4.3.4.3)$$

där TRT är antalet drifttimmar på samtliga dieselgeneratorer i beräkningsperioden.

2.4.1 Data för beräkning av reservdelskostnadsmodulen

Timkostnad för planerat underhåll, PM , beräknas enligt ekvationen 4.3.4.1. Förslagsvis med lämpligt datoriserat underhåll.

$PM =$	
--------	--

Timkostnad för oplanerat underhåll, UPM , beräknas enligt ekvationen 4.3.4.2. Förslagsvis med lämpligt datoriserat underhåll.

$UPM =$	
---------	--

Antalet timmar dieselgenerator drift i beräkningsperioden

$RT =$	
--------	--

Realproduktionen enligt avsnitt 1.2.1

$RkWh =$	
----------	--

Sätt in givna data i ekvationen 4.3.4.3 och beräkna kostnad per kWh för reservdelskostnadsmodulen

$EC_4 =$	
----------	--

2.5 Arbetskostnadsmodulen

Innan arbetskostnadsmodulen kan beräknas måste arbetskostnaden per timme, D_n , beräknas. Detta kan göras i enlighet med avsnitt 2.3.3 i arbetet av Johansson och Thelin, alternativt kan arbetskostnader givna från rederiet/lönekontoret användas. Då lönerna skiljer sig åt mellan olika befattningar och nationaliteter ombord, kan flera arbetskostnader behöva beräknas.

Bilaga 4 Beräkningsmetod

Arbetskostnadsmodulen beräknas enligt ekvationen,

$$EC_5 = \frac{D_1 * h_1 + \dots + D_n * h_n}{RkWh}, \quad (4.3.5.1)$$

där h_n , är antalet arbetade timmar för de olika arbetskostnaderna i beräkningsperioden.

Det är av vikt att all arbetstid som spenderas på dieselgeneratorerna och tillhörande kringssystem beräknas, inte bara sådan tid som är uppenbar. Bland de mindre uppenbara jobben ingår bland annat, drift, vaskning, förberedelser inför jobb, administration/dokumentation av utförda jobb med mera, som kan vara lätta att förbise.

2.5.1 Data för beräkning av arbetskostnadsmodulen

Arbetskostnaden per timme för de olika lönegrupperna ombord involverade i drift och underhåll av dieselgeneratorerna

$D_n =$	
---------	--

Antalet arbetade timmar i beräkningsperioden för de olika lönegrupperna ombord involverade i drift och underhåll av dieselgeneratorerna

$h_n =$	
---------	--

Realproduktionen enligt avsnitt 1.2.1

$RkWh =$	
----------	--

Sätt in givna data i ekvation 4.3.5.1 och beräkna kostnad per kWh för arbetskostnadsmodulen

$EC_5 =$	
----------	--

2.6 Kapitalkostnadsmodulen

Det förutsätts att dieselgeneratorerna och tillhörande kringssystem skrivs av linjärt, i enlighet med avsnitt 2.4 i arbetet av Johansson och Thelin. Detta gör att avskrivningskostnaden per timme, CC_d , kan beräknas enligt ekvationen,

$$CC = \frac{P_{DG}}{RT_{CC}}, \quad (4.3.6.1)$$

där P_{DG} är inköpspriset för dieselgeneratorerna och tillhörande kringssystem; och RT_{CC} är avskrivningstiden i timmar.

Bilaga 4 Beräkningsmetod

Avskrivningskostnaden per timme används sedan i kapitalkostnadsmodulen, vars funktion är att beräkna kostnaden per kWh som avskrivningen innebär, enligt ekvationen,

$$EC_6 = \frac{CC * RT_{CP}}{RkWh}, \quad (4.3.6.2)$$

där RT_{CP} är antalet timmar i beräkningsperioden.

2.6.1 Data för beräkning av kapitalkostnadsmodulen

Avskrivningskostnaden per timme, beräknat enligt ekvation 4.3.6.1 eller givet av rederiet

$CC_d =$	
----------	--

Antalet timmar i beräkningsperioden

$RT_{CP} =$	
-------------	--

Realproduktionen enligt avsnitt 1.2.1

$RkWh =$	
----------	--

Sätt in givna data i ekvation 4.3.6.2 och beräkna kostnad per kWh för kapitalkostnadsmodulen

$EC_6 =$	
----------	--

2.7 Modulen för övriga förbrukningskostnader

Modulen för övriga förbrukningskostnaders funktion är att beräkna kostnaden för exempelvis förbrukning av kemikalier till eventuella katalysatorer. På grund av de många olika tänkbara förbrukningar som kan ingå i denna modul, ges bara den generella ekvationen hämtad från avsnitt 4.2 i arbetet av Johansson och Thelin,

$$EC = \frac{Q_1}{RkWh} + \frac{Q_2}{RkWh} + \dots + \frac{Q_n}{RkWh}, \quad (4.2.0.1)$$

som skrivs om till att bara innehålla en modul,

$$EC_7 = \frac{Q_n}{RkWh}. \quad (4.3.7.1)$$

Bilaga 4 Beräkningsmetod

Vid beräkning av delkostnaden Q_n , är det av vikt att samma beräkningsperiod som i de andra modulerna används. Även regel 4.1.2.2 bör tas i särskild beaktning.

2.7.1 Data för beräkning av modulen för övriga förbrukningar

Kostnad för förbrukningen under beräkningsperioden

$Q_n =$	
---------	--

Realproduktionen enligt avsnitt 1.2.1

$RkWh =$	
----------	--

Sätt in givna data i ekvationen och beräkna kostnad per kWh för modulen för övriga förbrukningar

$EC_7 =$	
----------	--

3 Summering av enskilda moduler

Summeringen av modulerna sker enligt ekvation,

$$EC = EC_1 + EC_2 + EC_3 + EC_4 + EC_5 + EC_6 + EC_7 \quad (4.2.0.2)$$

där EC_n är den beräknade delkostnaden av en modul.

Summera ihop aktuella delkostnader enligt ekvation 4.2.0.2

$EC =$	
--------	--

Bilaga 4 Beräkningsmetod

3.1 Tabell

Tabell 2.8.1, lista med enheter

<i>1.2.1</i>	Beräkning av realproduktionen	Enhet
<i>NkWh</i>		kWh
<i>RT</i>		h (timmar)
<i>TRT</i>		h (timmar)
<i>K_{drift}</i>		(enhetslös)
<i>N</i>		(styck)
<i>X</i>		kW
<i>x</i>		kW
<i>IkWh</i>		kWh
<i>RkWh</i>		kWh
<i>1.3.1</i>	Beräkning av volymkorrektionsfaktorn	
<i>T (1)</i>		°C
<i>T (2)</i>		°C
<i>T (3)</i>		°C
<i>T (4)</i>		°C
<i>T (L)</i>		°C
<i>ρ_{fo}</i>		kg/m ³
<i>ρ_{lub}</i>		kg/m ³
<i>VCF₁</i>		(enhetslös)
<i>VCF₂</i>		(enhetslös)
<i>VCF₃</i>		(enhetslös)
<i>VCF₄</i>		(enhetslös)
<i>VCF_L</i>		(enhetslös)
<i>2.1.1</i>	Beräkning av brännoljemodulen	
<i>P</i>		(valuta)/ton
<i>ρ_{FO}</i>		ton/m³
<i>VCF₁</i>		(enhetslös)
<i>V₁</i>		m ³
<i>RkWh</i>		kWh
<i>=</i>		(valuta)/kWh
<i>2.2.1</i>	Beräkning av smörjoljemodulen	
<i>P</i>		(valuta)/ton
<i>ρ_{LUB}</i>		ton/m³
<i>VCF_L</i>		(enhetslös)
<i>V_L</i>		m ³
<i>RkWh</i>		kWh
<i>=</i>		(valuta)/kWh
<i>2.3.1</i>	Beräkning av sludgemodulen	
<i>P</i>		(valuta)/ton
<i>ρ_{FO}</i>		ton/m³
<i>VCF₁</i>		(enhetslös)
<i>V₁</i>		m ³
<i>VCF₂</i>		(enhetslös)
<i>V₂</i>		m ³
<i>VCF₃</i>		(enhetslös)
<i>V₃</i>		m ³

Bilaga 4 Beräkningsmetod

VCF_4		(enhetslös)
V_4		m^3
m_B		ton
$RkWh$		kWh
=		(valuta)/kWh
2.4.1	Beräkning av reservdelskostnadsmodulen	
PM		(valuta)/h
UPM		(valuta)/h
TRT		h (timmar)
$RkWh$		kWh
=		(valuta)/kWh
2.5.1	Beräkning av arbetskostnadsmodulen	
D_1		(valuta)/h
D_2		(valuta)/h
D_3		(valuta)/h
D_4		(valuta)/h
D_5		(valuta)/h
h_1		h (timmar)
h_2		h (timmar)
h_3		h (timmar)
h_4		h (timmar)
h_5		h (timmar)
$RkWh$		kWh
=		(valuta)/kWh
2.6.1	Beräkning av kapitalkostnadsmodulen	
CC_d		(valuta)/h
RT_{CP}		h (timmar)
$RkWh$		kWh
=		(valuta)/kWh
2.7.1	Beräkning av modulen för övriga förbrukningar	
Q_n		(valuta)
$RkWh$		kWh
=		(valuta)/kWh