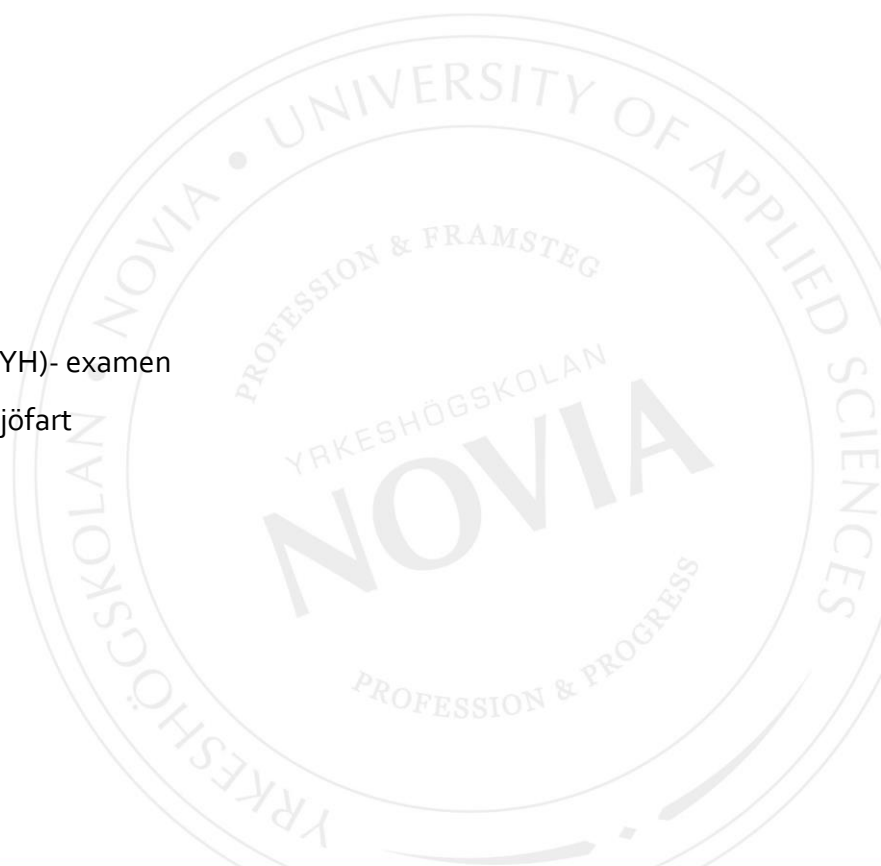


Energieffektivisering av eldrivna pumpar på Wasa Express.

**Besparingar efter installation av frekvensomvandlare, ombord m/s
Wasa Express.**

Robert West

Examensarbete för Ingenjör (YH)- examen
Utbildningsprogrammet för sjöfart
Åbo 06.05.2018



EXAMENSARBETE

Författare: Robert West

Utbildningsprogram: Utbildningsprogrammet för sjöfart

Inriktning: Ingenjör YH

Handledare: Esa Lapela

Titel: Energieffektivisering av eldrivna pumpar på Wasa Express.

Datum 06.05.2018 Number of pages 17

Appendices 2

Sammanfattning

Med tanke på att bunkern bara blir dyrare och miljökraven ökar hela tiden, så har Rederi NLC Ferry beslutat att installera frekvensomvandlare på ventilationssystemet och pumpar för framdrift ombord på m/s Wasa Express. Det här examensarbetet handlar om installation av frekvensomvandlare under tiden som fartyget är i trafik. Vad som förväntas komma fram för läsaren är om dem förväntade besparingarna som kommer och hur lång återbetalningstid det kommer vara.

Examensarbetet genomfördes genom litteraturundersökningar och informationsökning på internet. Mätvärden har samlats in ombord på m/s Wasa Express.

Språk: Svenska

Nyckelord: Frekvensomvandlare

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Målsättning	2
1.2	Avgränsning	2
1.3	Metodbeskrivning	2
2	Fakta	3
2.1	Fartyget	3
2.2	Rederiet.....	4
2.3	Installation	4
3	Förstudie och förväntningar	5
3.1	Områden som berörs	5
3.1.1	HVAC	5
3.1.2	Pumpar	5
3.1.3	Maskinrumsventilation.....	6
3.2	Investeringskostnader	6
3.3	Förväntade besparingar och återbetalningstid	7
4	Mätningar ombord	8
4.1	Grundvärden och mätningar	8
4.2	Uppmätta värden.....	8
4.2.1	Smörjoljesystem, huvudmaskin och växlar.	8
4.2.2	Kylvattensystem, huvudmaskin och växlar.	11
4.3	Uppskattad eleffektbesparing	14
4.3.1	Smörjolja.....	14
4.3.2	Kylvatten.....	15
4.3.3	Sjövatten.....	15
5	Sammanfattning	16
	Källor.....	17

1 Inledning

Vi vet alla att oljepriserna inte kommer att sjunka, samtidigt som allt hårdare krav från miljömyndigheter gör att kraven på våra fartyg blir hårdare. Med dem här tankarna i åtanke så blev jag ombedd av Rederi NLC Ferry att göra en utredning på om lönsamheten att installera frekvensomvandlare ombord m/s Wasa Express.

Vi vet att i dagsläget så går alla pumpar med hög effekt under hela sin brukstid. Vi strävar till att optimera pumpdriften till det bästa effekttuttaget baserat på behovet och med tanke på att ändå ha en säkerhetsmarginal när det gäller tryck och temperaturer.

Fartyget har två hjälpmotorer som står för elproduktionen ombord. Dessa är av typ, Wärtsilä Vasa 32R4. Båda maskinerna går under fartygets drift, men vi vill få ner energibehovet så att det skall räcka med att kunna köra endast en maskin under normal drift. Även det för att optimera bränsleförbrukningen och för att få en större belastning på den maskinen som är i bruk, även det för att få mer gynnsamma förhållanden ur maskindrifts synpunkter.

När jag började med mitt arbete hade det redan blivit installerat frekvensomvandlare på samtliga elmotorer på ventilationssystemet för bostadsutrymmen. Det kommer även att installeras frekvensomvandlare på maskinrumsventilation, men jag har valt att endast ta med pumpar i direkt maskinanslutning och som gäller fartygets framdrift i mitt arbete.

1.1 Målsättning

Målsättningen med examensarbetet är att läsaren skall få en bättre bild av fördelarna med installation av frekvensomvandlare, både ur ekonomisk synvinkel, samt vad som är mest optimalt ur en driftmässig synvinkel.

1.2 Avgränsning

Jag har valt att bara ta upp energibesparingarna som kommer att göras genom installationen på pumpar och maskiner som står för fartygets framdrivning. För att få en tydligare bild av hur stora besparingar som kan förväntas behöver man även ta med övriga system som kommer att optimeras och även utreda vidare om det borde installeras frekvensomvandlare på fler system ombord. Det som från början var tänkt att beröras har under arbetets gång blivit allt mindre. Det hela projektet att installera frekvensomvandlare samt mjukvara har tagit mycket mer tid, än det var tänkt från början. Istället för att vänta tills allt är installerat har jag valt att fortsätta med dem pumpar som redan har frekvensomvandlare, även om mjukvaran saknas och vi endast kör dem manuellt.

1.3 Metodbeskrivning

Arbetet inleddes med litteraturundersökningar i manualer och på internet. Därefter började data samlas in över vilken förbrukning som elmotorerna har uppmäts förbruka under normala driftförhållanden. Mätningarna gjordes med tångamperemätare. Jag har varit i kontakt med Wärtsilä när det kommer till vilka säkerhetsmarginaler som krävs.

2 Fakta

2.1 Fartyget

Byggd: 1981 av Oy Wärtsilä Ab, Helsingfors.

Dimensioner: 141,00 m x 22,81 m x 4,95 m

GT / NT / DWT: 17 046 / 5 049 / 4 150

Maskiner: Fyra Wärtsilä 12V32 4SA

Effekt: 14 866 kW



Bild 1. Wasa Express.

2.2 Rederiet

NLC Ferry AB/OY är ett bolag som ägs till lika delar direkt av Umeå Kommun och Vasa stad. Bolaget äger i sin tur rederiet Wasaline, som trafikerar sträckan mellan Vasa och Umeå med fartyget M/S Wasa Express.

Bolaget NLC Ferry AB/OY bildades 2012 eftersom föregående privata operatör inte kunde fortsätta sitt uppdrag. Kommunerna ville säkra en långsiktigt stabil transportlänk över Kvarken, en viktig del av E12 stråket och köpte gemensamt in en färja. De övertog även driften av trafiken.

Sedan starten har Wasaline ökat både i antal passagerare och mängd gods som årligen transporteras mellan länderna. Färjan har restaurerats och byggts om för att passa resenärernas och företagens behov. Det har gjorts omfattande investeringar i hamninfrastrukturen på land, bland annat nya elektrifierade järnvägsspår med koppling till färjan, renovering av färjeterminaler, effektivisering av lastområden med mera och det planeras nu för nya godsterminaler både i Umeå och i Vasa. Det unika samarbetet mellan städerna har även resulterat i ett gemensamt hamnbolag, Kvarkenhamnar AB som marknadsförs under namnet Kvarken Ports.

Wasaline erbjuder sina passagerare à la carté restaurang, skärgårdsbuffé, café, bar, butik och en konferensavdelning. Hytter finns också till förfogande och resan tar cirka 4,5 timmar. Sedan starten har antalet avgångar utökats och bolaget arbetar fortsatt för att utveckla rederiets tjänster och service till kunderna. (Källa: <http://www.ukf.umea.se/foretagen/nlcferryaboy.4.6e56e1f514f42fbe66751a91.html#>)

2.3 Installation

Installationen av frekvensomvandlare kommer att förverkligas av företaget eMarine Engineering Nordic Ab. En förstudie har gjorts av eMarine när det gäller inbesparingar som kan förväntas.

3 Förstudie och förväntningar

3.1 Områden som berörs

eMarine har gjort en förstudie över elförbrukningen som har krävts för att driva pumpar och fläktar och har delat in det i 3 områden.

- HVAC
- Pumpar
- Maskinrumsventilation

3.1.1 HVAC

När arbetet startade fungerade inte det befintliga styrsystemet för ventilationen och reglerades helt manuellt. En dålig lösning både ur arbetseffektivitet samt driftsfunktion. Åtgärder som har gjorts sedan dess är:

- Installation av komplett nytt styr- och övervakningssystem via dator.
- Installation av nya rumstemperaturgivare.
- Systemet har programmerats för sekvensreglering av återluft, förvärma/kyla och eftervärme.
- Natt- och hamnläge programmerats för publika utrymmen och passagerarhytter.

3.1.2 Pumpar

Inga kända åtgärder har tidigare gjorts när det gäller effektivisering av pumpar och maskiner. Här förväntas det finnas stora besparingar, samt en mycket bättre driftstillförlitlighet och inbesparingar även när det kommer till underhållstimmar. Vissa pumpar kommer även att utrustas med batteri-backup för framtida åtgärder som krävs för att kunna säkerställa tillförlitligheten av dom mest kritiska pumparna vid en eventuell ”black-out”. Åtgärder som kommer tas är:

- Installation av frekvensomvandlare för:
- Sjövattenpumpar, LT-pumpar, reduktions växelpumpar, smörjoljepumpar, förvärmningspumpar, air-condition sjövattenpumpar, bränslepumpar, rodermaskinspumpar och KaMeWa pumpar.
- Frekvensomvandlare med möjlighet för batteri-backup för dom mest kritiska pumparna.
- Styr- och övervakningssystemet kan integreras i det nya systemet för HVAC eller byggas om till ett nytt system.

3.1.3 Maskinrumsventilation

Inget har heller här gjorts för att effektivisera maskinrumsventilationen tidigare. Som det är nu så styrs allt från manuell styrpanel i kontrollrummet och det finns inte möjlighet att köra fläktar på halv-/fullfart. Åtgärder som kommer tas är:

- Installation av frekvensomvandlare för:
- Huvudmotorrum, hjälpmotorrum, pannrum, separatorrum, kompressorrum och maskinverkstad.
- Fläktarna kommer styras på tryck och/eller temperatur.
- Styr- och övervakningssystemet kan integreras i det nya HVAC eller byggas om till ett nytt system.

3.2 Investeringskostnader

Den preliminära investeringskostnaden ligger på 600 000 € för hela installationen. Områdesvis så är det HVAC som är dyraste med 350 000 €, pumpar ligger på 185 000 € och sedan den minsta kostnaden hittar vi hos maskinrumsventilation som går på 65 000 €. Men då kan vi också se att det är inom HVAC som vi förväntar oss att få dom största inbesparingarna, även om installationen på pumpar kommer att återbetala sig på lite kortare tid.

3.3 Förväntade besparingar och återbetalningstid

Preliminära investeringskostnader och återbetalningstider vid ett bunkerpris på 470 € / ton. Inom **HVAC** området så förväntas det bli den största besparingen, som det är nu förbrukas det 3 025 MWh till värmeenergi och det kommer sjunka till 1 284 MWh efter installationen. Elenergi som förbrukas nu är 1 423 MWh och den förväntas sjunka till 415 MWh. Eleffekten kommer att sjunka från 159 kW till 52 kW. Om man tar det i hur mycket det blir i bunkerbesparing per år så rör det sig om 467 ton per år. Med dom uppgifterna så förväntas HVAC installationen vara återbetald efter ca 1, 6 år.

För **pumpar** så har vi nu en elenergiförbrukning på 1 622 MWh och det kommer sjunka till 617 MWh. Eleffekten kommer sjunka från nuvarande 185 kW, till 70 kW. Det blir då ca 280 ton bunker per år och återbetalningstiden ca 1, 4 år. När det kommer till **maskinrumsventilationen** har vi nu en elenergiförbrukning på 436 MWh och efter installationen 162 MWh. Eleffekten ligger nu på 50 kW och efter installationen är klar på 18 kW. Det ger en bunkerbesparing på 76 ton per år och en återbetalningstid på ca 1,8 år.

Om vi räknar ihop det hela så får vi en total bunkerbesparing på ca 823 ton olja per år och en återbetalningstid på ca 1, 55 år.

4 Mätningar ombord

4.1 Grundvärden och mätningar

Jag började med att göra upp en lista över alla elmotorer som kommer att beröras, för att sedan samla in givna grunddata över energi, effekt, ström, på samtliga elmotorer. Data har samlats in under olika förhållanden i väder och vid olika fart förhållanden för att få fram ett medelvärde. Mätningarna gjordes med tångamperemätare. Se bifogade tabeller över grunddata.

4.2 Uppmätta värden.

Med tanke på att m/s Wasa Express snart är en 40 år gammal dam, så har det varit mycket svårt att hitta dokumentation från när hon blev byggd och med vad hon var utrustad med då. Många elmotorer och pumpar har bytts ut med åren. Se bifogade tabeller över uppmätt data. Värden som tagits efter installation av frekvensomvandlare har jag tagit från frekvensomvandlaren. En sak att ta i beaktande är att vi inte har hunnit få installerat mjukvara för pumparnas frekvensomvandlare. All data är framtagen genom att jag själv har reglerat frekvensen för att hålla mig inom gränserna för vad som kan räknas som säkra driftparametrar.

4.2.1 Smörjoljesystem, huvudmaskin och växlar.

Vi har valt att sänka smörjoljetrycket från 4, 5 bar, till 4, 0 bar, allt inom Wärtsiläs gränser (3, 8–4, 5 bar). En annan fördel med att kunna ställa om frekvensen är att vi har kunnat göra en försmörjnings funktion på pumparna, något som vi tidigare har saknat. Nu har vi ett försmörjnings tryck på 1, 2–1, 5 bar.

Här kunde man även tänka sig att när största delen av sjöresan görs med lägre varvtal än 750, med drift i Combinator läge som då gör att vi ligger 600–650 rpm, så kunde vi eventuellt sänka oljetrycket ytterligare efter diskussion med Wärtsilä. Om vi kunde få ner trycket till 3, 7 bar, vore det en mycket större besparing.

Det som även framkom var att maskin 4 som har fått ny smörjoljepump för två år sedan gick att sänka betydligt mer vilket resulterar i större inbesparing. Så beroende på hur lång inbesparing tid man skulle ha, kunde man eventuellt fundera om man bör byta ut samtliga smörjoljepumpar.

4.2.1.1 Huvudmaskiner

Följande formel har använts för att räkna ut effekten.

$$P = \sqrt{3} * U * I$$

Jag har utgått från mina värden från maskin 1, 2, 3 och 4, som blev tagna innan installationen av frekvensomvandlare, att vi skulle ha en totalförbrukning på 95 720, 00 Watt.

$$23532,8 = \sqrt{3} * 400 * 33,97$$

$$23417,3 = \sqrt{3} * 400 * 33,80$$

$$24179,4 = \sqrt{3} * 400 * 34,90$$

$$24590,5 = \sqrt{3} * 400 * 35,49$$

$$23532,8 + 23417,3 + 24179,4 + 24590,5 = 95720,0$$

På beräkningar på huvudmaskinerna efter att frekvensomvandlare installerats, framkommer en totalförbrukning på 75 002,30 Watt.

$$18022,7 = \sqrt{3} * 326,70 * 31,85$$

$$17914,1 = \sqrt{3} * 328,60 * 31,48$$

$$21803,2 = \sqrt{3} * 373,53 * 33,70$$

$$17262,3 = \sqrt{3} * 301,10 * 33,10$$

$$18022,7 + 17914,1 + 21803,2 + 17262,3 = 75002,3$$

Det vi kan se här är att vi har en vinst på 20 717, 70 Watt. Sen ska det även tas med i beräkning att om vi skulle utföra service på våra oljepumpar, överströmsventiler, reglerventiler och tvätta oljekylare så skulle vi kunna gå ner betydligt mer i förbrukad eleffekt.

4.2.1.2 Växlar

Växlarna är utrustade med påhängspumpar som går igång under drift, så det är bara en elektrisk försmörjningspump/ stand-by pump per axel som kommer att optimeras. Denna pump är ingen pump som kommer att inbespara något som kommer direkt att kunna upptäckas pga. den korta tiden som den är i drift under normal gång.

Uppmätt medelsförbrukning innan frekvensomvandlare installerats, 12 359, 9 Watt.

$$12359,9 = \sqrt{3} * 400 * 17,84$$

Uppmätt medelsförbrukning efter frekvensomvandlaren installerats, 6876,4 Watt

$$6876,4 = \sqrt{3} * 273,80 * 14,50$$

En vinst på 5 483, 5 Watt, men då ska vi även komma ihåg att drifttiden på pumpen är väldigt kort.

4.2.2 Kylvattensystem, huvudmaskin och växlar.

Vi har installerat frekvensomvandlare på samtliga huvudmaskiner och på babord växel, samt på sjövattpumpar 1 och 2. Installationen på maskin 1 och 2 hade blivit utförda innan jag började med projektet, så därför saknas värden från dem, innan installation av frekvensomvandlare.

Här finns det också en del saker att fundera vidare över. Vore det skäl att höja LT temperaturen från nuvarande 30 °C, till det högre 32–35 °C? Laddluftstemperaturen som Wärtsilä rekommenderar 50–75 °C, nås inte under normal drift. Så det är inget som direkt behöver beaktas i detta skede.

4.2.2.1 Huvudmaskin

Uppmätt medelförbrukning från huvudmaskiner 3 och 4, som saknar frekvensomvandlare, 27 678, 15 Watt. Om vi utgår från att liknande siffror skulle gälla för huvudmaskin 1 och 2, så skulle vi få en totalförbrukning på, 110 312, 60 kW.

$$27574,2 = \sqrt{3} * 400 * 39,80$$

$$27782,1 = \sqrt{3} * 400 * 40,10$$

$$\frac{27574,2 + 27782,1}{2} = 27678,15$$

$$27678,15 * 4 = 110312,6$$

Totalförbrukning efter att frekvensomvandlare installerats på huvudmaskinernas LT pumpar, 81 552, 40 Watt.

$$18726,7 = \sqrt{3} * 343,23 * 31,50$$

$$22036,6 = \sqrt{3} * 346,20 * 36,75$$

$$20749,7 = \sqrt{3} * 350,80 * 34,15$$

$$20039,4 = \sqrt{3} * 346,40 * 33,40$$

$$18726,7 + 22036,6 + 20749,7 + 20039,4 = 81552,4$$

Det vi kan se här är att vi har en vinst på 28 760, 20 Watt.

4.2.2.2 Växlar

Uppmätt totalförbrukning från styrbord och babord växelkylvatten pumpar, innan frekvensomvandlare blev installerade, 29 999, 10 Watt.

$$6824,3 = \sqrt{3} * 400 * 9,85$$

$$6685,7 = \sqrt{3} * 400 * 9,65$$

$$7932,8 = \sqrt{3} * 400 * 11,45$$

$$8556,3 = \sqrt{3} * 400 * 12,35$$

$$6824,3 + 6685,7 + 7932,8 + 8556,3 = 29999,1$$

Beräkningar med medelvärden tagna efter att frekvensomvandlare installerats på babord axel ger oss en effekt på 5 676, 9 Watt. Om vi utgår från att liknande siffror skulle gälla för styrbord växel, så skulle vi få en totalförbrukning på, 22 707, 60 Watt.

$$5370,0 = \sqrt{3} * 340,7 * 9,10$$

$$5983,8 = \sqrt{3} * 338,70 * 10,20$$

$$\frac{5370,0 + 5983,8}{2} = 5676,9$$

$$5676,9 * 4 = 22707,6$$

En vinst på 7 291, 50 Watt, och en sänkning av arbetstrycket från 2, 0 bar till 1, 5 bar utan påverkningar på kylvatten eller smörjolja temperaturer.

4.2.2.3 Sjövattpump

Vi har tre stycken sjövattpumpar, men kommer endast att installera frekvensomvandlare på två av dem. Vårt sjövattnesystem är byggt så att man har pump 1 som går till styrbord kylare, pump 2 som går till babord kylare och pump 3 kan styras till bägge kylare. Endast pump 3 har ”stand by” funktion, men är inte i drift under normal gång.

Uppmätt totalförbrukning på sjövattpump 1 och 2 innan frekvensomvandlare installerats med värden 76,00 amper/ 400 Volt och 77,40 amper/ 400 Volt, 106 278, 60 Watt. Sjövatten trycket vid uppmätta värden var 2,0 bar, sjövattentemperatur 11,0°C och en LT temperatur på 28,0°C.

$$52654,3 = \sqrt{3} * 400 * 76,00$$

$$53624,3 = \sqrt{3} * 400 * 77,40$$

$$52654,3 + 53624,3 = 106278,6$$

Totalförbrukning på sjövattpumpar, med frekvensomvandlare installerade, 66 970, 90 Watt.

$$35221,2 = \sqrt{3} * 330,65 * 61,50$$

$$31749,7 = \sqrt{3} * 313,17 * 58,53$$

$$35221,2 + 31749,7 = 66970,9$$

En direkt inbesparing på 39 307, 70 Watt. Sjövatten trycket vid uppmätta värden var 1, 0 bar, sjövattentemperatur på 14, 0 °C och en LT temperatur på 30, 0 °C.

4.3 Uppskattad eleffektbesparing

Om vi utgår ifrån att det kommer att röra sig inom samma eleffektområde för samtliga pumpar efter att vi fått frekvensomvandlarna installerade, så kommer det att visa på följande resultat.

Våra hjälpmaskiner har en förbrukning på ca 260 g / kWh. Vi har ett bunkerpris som gått upp sedan den första inbesparingskalkylen gjordes. Nu har jag räknat med ett bunkerpris på 600 € / ton.

$$600 \text{ €} / 1000 \text{ kg} = 0,6 \text{ €} / \text{kg}$$

$$1000 \text{ g} / 260 \text{ g} \approx 3,85 \text{ kWh} / \text{kg}$$

$$0,6 \text{ €} / \text{kg} / 3,85 \text{ kWh} / \text{kg} = 0,1558 \text{ €} / \text{kWh}$$

$$\text{Kostnad per kWh} = 0,16 \text{ €}$$

4.3.1 Smörjolja

Som tidigare konstaterats hade vi på huvudmaskinerna ett eleffektuttag innan optimering på 95, 72 kW. Efter installation av frekvensomvandlare så får vi en eleffekt på 75, 00 kW för samtliga pumpa. En vinst på 20, 72 kW. Men då skall vi även komma ihåg att dessa värden är tagna innan mjukvaran har installerats, innan smörjoljekylare har rengjorts och innan ventiler och pumpar har genomgått service. Vi har under en vecka ett medeltal på 10 drifttimmar på pumparna. Jag har valt att inte ta med smörjoljepumparna för växlarna, eftersom det är så kort drifttid på dem under normal drift.

Priset på frekvensomvandlarna för smörjoljepumparna är 1 807, 00 € styck, som då blir **1 807, 00 € * 4 = 7228, 00 € totalt.**

$$20, 72 \text{ kW} * 0, 16 \text{ €} / \text{kWh} * 10 = 33, 15 \text{ €} / \text{dygn}.$$

$$7\ 228 \text{ €} / 33, 15 \text{ €} / \text{dygn} = 218, 0 \text{ dagar}.$$

Återbetalningstiden skulle då bli **0, 60 år.**

4.3.2 Kylvatten

Om vi räknar ihop huvudmaskinernas och växlarnas kylvattenpumpars effekt innan frekvensomvandlarna installerats, så har vi $110,31 \text{ kW} + 30,00 \text{ kW} = 140,31 \text{ kW}$. Efter installation av frekvensomvandlare på huvudmaskinernas LT pumpar, så får vi en eleffekt på $81,55 \text{ kW}$. Om vi använder oss av uppskattade värden för styrbord växel och dom riktiga värden från babord växel, så får vi en totalförbrukning på $22,71 \text{ kW}$. Om vi räknar ihop dem så får vi en gemensam totalförbrukning på $104,26 \text{ kW}$ för samtliga pumpar. En vinst på $36,05 \text{ kW}$. Här gäller det att ta i beaktande att växlarna har endast en pump per växel i drift under normaldrift.

Priset på frekvensomvandlarna för huvudmaskinernas kylvattenpumpar är $1\,807,00 \text{ €}$ styck och för växlarna $785,00 \text{ €}$ styck.

$$1\,807,00 \text{ €} * 4 + 785,00 \text{ €} * 4 = 10\,368,00 \text{ € totalt.}$$

$$36,05 \text{ kW} * 0,16 \text{ € / kWh} * 10 = 57,68 \text{ € / dygn.}$$

$$10\,368,00 \text{ €} / 57,68 \text{ € / dygn} = 179,8 \text{ dagar.}$$

Det ger en återbetalningstid på **0,50 år**.

4.3.3 Sjövatten

När vi räknar ihop vad våra sjövattenpumpars effekt låg på innan frekvensomvandlare installation, så får vi $106,28 \text{ kW}$. Efter installationen av frekvensomvandlare har vi en totalförbrukning på $66,97 \text{ kW}$. En vinst på $39,91 \text{ kW}$. Under normal gång så körs endast en pump, vilket som resulterar i att återbetalningstiden kommer att fördubblas.

Priset på frekvensomvandlarna för sjövattenpumparna är $2\,709,00 \text{ €}$ styck.

$$2\,709,00 \text{ €} * 2 = 5\,418,00 \text{ € totalt.}$$

$$39,91 \text{ kW} * 0,16 \text{ € / kW} * 10 = 63,86 \text{ € / dygn.}$$

$$5\,418,00 \text{ €} / 63,86 \text{ € / dygn} = 84,8 \text{ dagar.}$$

En återbetalningstid på **0,23 år**. Men då skall vi tänka på att endast en pump körs i normal drift, vilket som kommer att fördubbla återbetalningstiden till **0,46 år**.

5 Sammanfattning

Det som vi kan se här är att det verkligen har gått att nå återbetalningstiden som eMarine hade gett från början, men då är det ett mycket högre bunkerpris per ton nu som inverkar. Sedan är det dem största förbrukarna som jag har räknat på. Vi kan nog utgå från att mindre pumpar kommer att ha en betydligt längre återbetalningstid.

Det som jag har upptäckt under arbetets gång är hur mycket man faktiskt kan spara med relativt enkla förändringar. Jag kommer att jobba vidare med uppföljning av effektvinster på dem pumpar som jag inte hann med nu, även efter att mitt examensarbete är klart. Det som även kommer att bli intressant är vad den faktiska effektvinsten kommer att bli, när optimeringen är fullständig med mjukvara som styr frekvensomvandlarna.

Källor

<http://www.drivteknik.nu/skolan/skola-omriktare/princip-omriktare>

<https://www.wasaline.com>

<http://www.ukf.umea.se/foretagen/nlcferryaboy.4.6e56e1f514f42fbe66751a91.html#>

Förstudierapport Wasa Express, eMarine

BILAGA 1

Mätvärden

Unit	Stated			φ	Measured	Measured	Measured	Mean	Calculated
	Power	Current	Voltage		Current	Current	Current	Value	W Consumption
ME 1 LO pump	23,0	50,0	400	0,85	33,00	34,10	34,80	33,97	23532,8
ME 2 LO pump	23,0	50,0	400	0,85	34,90	32,70		33,80	23417,3
ME 3 LO pump	23,0	50,0	400	0,85		34,90		34,90	24179,4
ME 4 LO pump	23,0	50,0	400	0,85	34,28	35,80	36,40	35,49	24590,5
SW 1 pump	42,0	86,0	400	0,84	76,00	76,00		76,00	52654,3
SW 2 pump	42,0	86,0	400	0,84		77,40		77,40	53624,3
ME 1 LT pump	29,0	60,0	400	0,87					
ME 2 LT pump	29,0	60,0	400	0,87					
ME 3 LT pump	29,0	60,0	400	0,87		39,40	40,20	39,80	27574,2
ME 4 LT pump	29,0	60,0	400	0,87	40,00	39,20	41,10	40,10	27782,1
Gear SB LO pump	11,0	23,0	400	0,85	17,40	17,90	17,90	17,73	12286,0
Gear BB LO pump	11,0	23,0	400	0,85	18,60	17,85	17,40	17,95	12436,1
LT cooling pump 1 red gear SB	7,2	16,0	400	0,85	10,00		9,70	9,85	6824,3
LT cooling pump 2 red gear SB	7,2	16,0	400	0,85		9,60	9,70	9,65	6685,7
LT cooling pump 1 red gear BB	7,2	16,0	400	0,85		12,90	10,00	11,45	7932,8
LT cooling pump 2 red gear BB	7,2	16,0	400	0,85	11,20		13,50	12,35	8556,3

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Time:	10:00	19:00	10:30
Date:	7.6.2018	29.6.2018	30.8.2018
Engines:	1, 2, 4	1, 2, 3, 4	1,3,4
SW °C:	8,2 °C	8,8 °C	16,0 °C
LT °C:	27,5 °C	25,3 °C	30,0 °C
Speed:	13,6 kt	15,3 kt	12,9 kt

Variable Frequency Drives fitted

Measured	Measured	Measured	Measured	Measured	Measured	Mean	Mean	Calculated	Unit
Current	Voltage	Current	Voltage	Current	Voltage	Current	Voltage	W Consumption	
		31,70	324,80	32,00	328,60	31,85	326,70	18022,7	ME 1 LO pump
31,25	328,50			31,70	328,70	31,48	328,60	17914,1	ME 2 LO pump
33,30	376,10	34,20	376,20	33,60	368,30	33,70	373,53	21803,2	ME 3 LO pump
				33,10	301,10	33,10	301,10	17262,3	ME 4 LO pump
		60,30	320,80	62,70	340,50	61,50	330,65	35221,2	SW 1 pump
59,40	320,50	59,00	320,00			59,20	320,25	32837,6	SW 2 pump
32,30	348,50	32,30	348,50	29,90	332,70	31,50	343,23	18726,7	ME 1 LT pump
38,00	355,60			35,50	336,80	36,75	346,20	22036,6	ME 2 LT pump
		34,50	352,50	33,80	349,10	34,15	350,80	20749,7	ME 3 LT pump
		33,90	348,40	32,90	344,40	33,40	346,40	20039,4	ME 4 LT pump
						0,00	0,00	0,0	Gear SB LO pump
						0,00	0,00	0,0	Gear BB LO pump
						0,00	0,00	0,0	LT cooling pump 1 red gear SB
						0,00	0,00	0,0	LT cooling pump 2 red gear SB
				9,10	340,70	9,10	340,70	5370,0	LT cooling pump 1 red gear BB
				10,20	338,70	10,20	338,70	5983,8	LT cooling pump 2 red gear BB

17:15
29.8.2018
1,2,3,4
16°C
32,5°C
12,9 kt

10:30
30.8.2018
1,3,4
16,0 °C
30,0 °C
12,9 kt

11:00
21.9.2018
1,2,3,4
13,5°C
32,0°C
9,8 kt

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

BILAGA 2

Pris

ME SMO pump			23,0	50,0	400
ME SMO pump			23,0	50,0	400
ME SMO pump			23,0	50,0	400
ME SMO pump			23,0	50,0	400
SW pump			42,0	86,0	400
SW pump			42,0	86,0	400
SW pump			42,0	86,0	400
ME LT pump			29,0	60,0	400
ME LT pump			29,0	60,0	400
ME LT pump			29,0	60,0	400
ME LT pump			29,0	60,0	400
Växel SMO pump			11,0	23,0	400
Växel SMO pump			11,0	23,0	400
LT cooling pump red gear			7,2	16,0	400
LT cooling pump red gear			7,2	16,0	400
LT cooling pump red gear			7,2	16,0	400
LT cooling pump red gear			7,2	16,0	400
					1 807,00
Vacon NXP	30	61			€
					1 807,00
Vacon NXP	30	61			€
					1 807,00
Vacon NXP	30	61			€
					1 807,00
Vacon NXP	30	61			€
					2 709,00
Vacon NXP	45	87			€
					2 709,00
Vacon NXP	45	87			€
					2 709,00
Vacon NXP	45	87			€
					1 807,00
Vacon NXP	30	61			€
					1 807,00
Vacon NXP	30	61			€
					1 807,00
Vacon NXP	30	61			€
					1 807,00
Vacon NXP	30	61			€
Vacon NXP	11	22			926,00 €
Vacon NXP	11	22			926,00 €
Vacon NXP	7,5	16			785,00 €
Vacon NXP	7,5	16			785,00 €
Vacon NXP	7,5	16			785,00 €
Vacon NXP	7,5	16			785,00 €