

VERKTØY FOR KARTLEGGING AV DRIVSTOFFORBRUK I AUTOLINEFARTØY

TOOL FOR MAPPING OF FUEL CONSUMPTION IN LONG LINE VESSELS

RAYMOND NORDBERG

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI
MASTEROPPGAVE 30STP. 2013



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avsluttende oppgave på et studium i Industriell Økonomi ved Universitet for Miljø- og Biovitenskap. Oppgaven vektet som 30 studiepoeng og arbeidet med oppgaven har foregått fra februar 2013 til mai 2013.

Temaet for oppgaven ble valgt på bakgrunn av forslag fra det rådgivende ingeniørselskapet COWI. COWI har samlet inn mye data i sammenheng med prosjekter for Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond og ønsket å finne nye måter å anvende datamaterialet på. De kom med forslag om at det kunne være mulig å lage en form for kalkulator som kan behandle energidata knyttet til ulike fiskefartøy, og jeg fattet interesse for ideen. Hovedutfordringen har faglig sett vært at jeg i utgangspunktet hadde svært liten kunnskap om både fiskefartøy og fiskerinæringen. Det var dermed vanskelig å finne et fokus i oppgaven som oppfattes som interessant for næringen. Det har også vært svært mye interressant litteratur å sette seg inn i, og jeg har brukt mye tid på å lese meg opp på diverse temaer knyttet til fiske og bærekraftig ressursbruk i havrelaterte næringer. Dessverre er det mye av informasjonen som ikke har vært direkte relevant for oppgaven og mye tid er dermed gått med til å lese seg opp på temaer som ikke er inkludert i selve teksten. Fordelene er at jeg har lært mye om fiskerinæringen og om temaer jeg ikke har berørt under studiene, men som i svært høy grad er relevant for min interesse for bærekraftig forvaltning av jordas ressurser.

Jeg ønsker å takke min veileder Petter Heyerdahl for gode ideer, tips, viktige innspill og for generelt å ha vært en engasjert og inspirerende veileder gjennom hele skriveprosessen. Jeg ønsker å takke Geir Samnøy fra selskapet Present water AS som jeg har vært i kontakt med under skriveprosessen og som har kommet med svært interessante og inspirerende forslag til energieffektiviserende og kostnadsreducerende tiltak i marine fartøy. Jeg ønsker også å takke de ansatte ved COWI sitt kontor i Tromsø for å ha bidratt med forslag til oppgave, kommet med innspill, tilbudt meg kontorplass og for utveksling av ideer under skrivearbeidet.

Ellers ønsker jeg å nevne mine viktigste kilder til informasjon i denne oppgaven: Fra Peter Tyedmers publikasjoner har jeg lært mye om tema knyttet til energibruk i fiskerinæringen. Fra publikasjoner av Petri Suuronen har jeg lært mye om egenskaper til forskjellige fiskefartøy og fiskeredskaper. Fra diverse rapporter fra SINTEF har jeg lært hva som er relevante målsettinger angående energibruk i fiskenæringen. Fra COWIs prosjekter har jeg benyttet meg mye av datamaterialer og enkelte rapporter. Fra Petter Heyerdahl og Geir Samnøy har jeg mottatt både inspirasjon og råd til vinkling og deltemaer for oppgaven.

Sammendrag

Denne oppgaven handler om energieffektivisering av fiskefartøy. Innledningsvis gjøres leseren kjent med fisk sin betydning som næringskilde, ulike metoder for fiske og energibruk forbundet med fiske. Det blir formidlet at fiske forsyner verden med næring relativt energieffektivt, men at det finnes både miljømessige og økonomiske grunner til å redusere forbruket av fossilt drivstoff. Det er også et poeng at det ikke nødvendigvis er lurt å øke årlig fangst av fisk, da allerede mesteparten av verdens fiskebestander har møtt sin grense for bærekraftig fangst.

For å oppmuntre til reduksjon av drivstofforbruk blir det utviklet et verktøy i Microsoft Excel som skal hjelpe brukere av fiskefartøy å kartlegge og analysere drivstofforbruket i sitt fartøy. Av tidsmessige hensyn er det i oppgaven fokusert på fiskefartøy av typen autoline.

Opgaven er, når en ser bort fra innledning og konklusjon, delt i to deler. Første del behandler utvikling og design av regneverktøyet. For å undersøke om verktøyets utdata gir anvendbar informasjon benyttes regneverktøyet også til å analysere fartøyene i verktøyets datagrunnlag mot slutten av oppgavens første del. En kommer da frem til at kalkulatoren gir interessant informasjon, men trenger å videreutvikles for å sørge for at alle formler er korrekte og at inndata kalkulatoren spør etter er mulig å besvare for mannskap på et autolinefartøy. Analysen av autolinefartøy i datagrunnlaget kan indikere på at drift av et gjennomsnittlig autolinefartøy er lite energieffektiv med hensyn til hvordan spesifikt drivstofforbruk varierer med belastning i en ordinær dieselmotor. Det antydes derfor at installering av akselgenerator kan bidra til å redusere fartøyets gjennomsnittlige drivstofforbruk ved at hovedmotoren kjøres nærmere belastningen for optimalt spesifikt drivstofforbruk. Det foreslås også at økt bruk av hovedmotor kan gjøre det hensiktsmessig å installere teknologi for generering av elektrisitet fra varme i motorens avgasser.

I oppgavens andre del diskuteres mulige reduksjoner av drivstofforbruk ved implementering av teknologiene foreslått i oppgavens første del. En kommer da frem til at tekstens relativt grove, men realistiske, estimer indikerer at et gjennomsnittlig autolinefartøy, basert på utvalget av autoline i regneverktøyets datagrunnlag, kan spare mellom én til tre prosent av sitt totale drivstofforbruk ved bruk av akselgenerator. Hvis det i tillegg installeres teknologi for å generere elektrisitet fra varmen i hovedmotorens avgasser kan det være mulig å redusere drivstofforbruket ytterligere fire prosent.

Abstract

The subject of this thesis is energy efficiency of fishing vessels. The reader is introduced to the fishing industry, fish as a source of nutrition and the energy use of industrial fishing. It is pointed out that although fishing is a relatively efficient way of harvesting animal proteins; the consumption of fossil fuels in the industry should be reduced based on economical and environmental considerations. It is also pointed out that the global fishing stocks mostly are fully exploited and that there are limited possibilities to sustainably increase the harvest from fishing.

To encourage lower fuel consumption of fishing vessels it is in this text developed and designed a calculator, based on Microsoft Excel, that will aid users of long line vessels to map and analyze the fuel consumption of their vessel. The data of the users' vessel will also be compared with data from similar long line vessels.

The paper is divided into two parts. The first part treats the development and designing of the calculator. To examine whether the tool gives relevant information the calculator is also used to analyze the data of the fuel consumption of the long line vessels in the calculators' data foundation. This analysis indicates that the calculator provides interesting information, but needs further development to make sure that the data resources demanded are information known to the users of long line vessels as well as to make sure that the calculations are correct. The analysis also indicates that the operation of the main engine on a typical long line vessel is not sufficiently energy efficient considering how the specific fuel consumption of a typical marine diesel engine varies under different loads. It is therefore suggested that the installation of a shaft generator could reduce the average fuel consumption of a typical long line vessel by increasing the load on the main engine closer to the load of optimal specific fuel consumption. It is also suggested that increased use of the vessels' main engine will make it suitable to install technology to generate electricity of the heat from the engines exhaust gases.

In the second part of the text some possible reductions of fuel consumption in an average long line vessel is discussed based on the technologies suggested in the first part of the text. It is then indicated that an average long line vessel in the calculators' data foundation may reduce its fuel consumption 1 % to 3 % by using a shaft generator, based on the relatively rough estimates made in the text. By also installing a system to generate electricity from the heat in the exhaust gases of the main engine it could be possible to reduce the fuel consumption a further 4 %.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Abstract	3
Figurliste	6
Formeliste	10
Innledning.....	12
Generelt om fiske.....	12
Eksempel på autolinefartøy.....	22
Energibruk i fiske.....	23
Problemstilling.....	26
Tekstens oppbygging.....	27
Del 1: Beskrivelse av datagrunnlag og utvikling av regneverktøy	29
Datamateriale	29
Beskrivelse av datagrunnlag	30
Regneverktøyets oppbygging	32
Resultater	72
Regneverktøy.....	72
Gjennomgang av gjennomsnittsfartøyet basert på et utvalg autolinefartøy fra EFFEKT.....	73
Del 2: Potensial for reduksjon av drivstofforbruk basert på de foreslåtte teknologier.....	83
Akselgenerator.....	83
Teori	83
Beregninger	87
Resultater og diskusjon	90
Elektrisitet fra overskuddsvarme.....	93
Teori	93
Beregninger	96
Resultater og diskusjon	99
Konklusjon.....	103

Forslag til videre arbeid.....	104
Referanser	106

Figurliste

FIGUR 1: BILDET VISER NOEN VANLIGE NORSKE MATFISKER [6]. FISKENES STØRRELSE PÅ BILDET ER IKKE SKALERT I FORHOLD TIL HVERANDRE OG I VIRKELIGHETEN ER BLANT ANNET MAKRELL OG SILD VESENTLIG MINDRE ENN DE ØVRIGE FISKENE PÅ BILDET...	13
FIGUR 2: FIGUREN VISER HVORDAN FORSYNING AV FISK FORDELER SEG OVER VERDENS ULIKE BEFOLKNINGER [9].....	14
FIGUR 3: FIGUREN VISER HVOR STOR ANDEL AV VERDENS FISKEBESTANDER SOM ER OVERBELASTET, FULLT UTNYTTET OG SOM IKKE ER FULLSTENDIG UTNYTTET [9].	15
FIGUR 4: BILDET VISER HVORDAN EN BUNNTRÅL KAN SE UT[14].	17
FIGUR 5: FIGUREN VISER BILDE AV SKALLDYRET REKER [6].	17
FIGUR 6: FIGUREN VISER EN FISK AV TYPEN TOBIS [19].....	17
FIGUR 7: BILDET VISER HVORDAN EN LINE KAN SE UT. DETTE ER EN ILLUSTRASJON AV EN BUNNLINE, DER LINA LIGGER ANKRET TIL BUNNEN INNTIL DEN HALES OPP IGJEN [14].....	19
FIGUR 8: FIGUREN VISER FISKENE HYSE OG LANGE [6].	20
FIGUR 9: SKJERMBILDE SOM VISER EN SKISSE AV ET FARTØY SOM SNURPER EN RINGNOT [27].....	21
FIGUR 10: BILDE AV FISKEN KOLMULE [28].	21
FIGUR 11: FIGUREN VISER EN SKISSE AV HVORDAN FISKE MED GARN KAN SE UT[14].	22
FIGUR 12: BILDET VISER LINEFARTØYET NESBAKK [31].....	23
FIGUR 13. SKJERMBILDE FRA PROSJEKTHOTELLET DER ENERGIDATA FOR ULIKE FISKEFARTØY ER LAGRET. DATABASEN ER DRIFTET AV DET RÅDGIVENDE INGENIØRSKAPET COWI.....	31
FIGUR 14. UTSEENDET PÅ FORSIDE TIL EN DETALJKARTLEGGING AV ET ENKELTFARTØY. SKJERMBILDET ER TATT FRA FARTØY 62 I COWIS DATABASE OVER KARTLAGTE FARTØY. DE RØDE FIRKANTENE MARKERER INFORMASJON SOM ER BLITT HENTET UT OM FARTØYENE OG BENYTTET I DENNE OPPGAVEN.	32
FIGUR 15: SKJERMBILDE AV STARTEN PÅ ARKET INNDATA.	33
FIGUR 16: CELLER DER EN SKAL TASTE INN MOTORENES STØRRELSE I ARKET INNDATA.	35
FIGUR 17: EKSEMPEL PÅ CELLER DER EN SKAL GI INFORMASJON OM MOTORENES LAST, DRIVSTOFFFORBRUK OG TIMER I BRUK UNDER ULIKE DELER AV FISKE FRA ARKET INNDATA.	35
FIGUR 18: EKSEMPEL SOM VISER HVORDAN TABELLENE DER EN LEGGER INN INFORMASJON OM DET ELEKTRISKE UTSTYRET SER UT. FRA ARKET INNDATA.	36
FIGUR 19: SKJEMAET FOR INNTASTING AV MOTORENS MERKEFORBRUK VIL SE SLIK UT OM BRUKEREN HAR SVART "JA" PÅ OM DET ER INSTALLERT EN AKSELGENERATOR. FRA ARKET INNDATA.	37
FIGUR 20: SKJEMAET FOR INNTASTING AV MOTORENS MERKEFORBRUK VIL SE SLIK UT OM BRUKEREN HAR SVART "Nei" PÅ SPØRSMÅLET OM DET ER INSTALLERT EN AKSELGENERATOR. FRA ARKET INNDATA.	37
FIGUR 21: I ARKET BEREGNINGER BEREGNES ANDEL AV DRIVSTOFF SOM GÅR MED TIL FREMDRIFT OG TIL DRIFT AV ULIKT ELEKTRISK UTSTYR. BEREGNINGENE FOR FARTØY UTEN AKSELGENERATOR ER HER VIST I DEN BRUNE FIRKANTEN MENS BEREGNINGENE GJORT FOR FARTØY MED AKSELGENERATOR ER MARKERT MED EN ORANSJE FIRKANT.	39
FIGUR 22: OPPSUMMERING AV DRIVSTOFFFORBRUK FOR FORSKJELLIGE UTSTYRSGRUPPER UNDER ULIKE TYPER DRIFT FOR FARTØY MED AKSELGENERATOR. FRA ARKET BEREGNINGER.	46
FIGUR 23: OVERSIKT OVER DE FORSKJELLIGE MOTORENES DØGNLIGE OG ÅRLIGE DRIVSTOFFFORBRUK FRA ARKET UTDATA.	47

FIGUR 24: DIAGRAMMET SOM GJENGIR ESTIMAT AV EFFEKT, ENERGI OG DRIVSTOFFFORBRUK FOR PUMPENE UNDER DE FORSKJELLIGE DRIFTSTILSTANDENE, FRA ARKET UTDATA.	50
FIGUR 25: OPPSUMMERING AV TOTALT EFFEKTBEHOV, ESTIMERT DRIVSTOFFBEHOV OG ESTIMERT FORBRUK AV kWh FOR DE ULIKE TILSTANDENE UNDER UTDATA.	52
FIGUR 26: OPPSUMMERING AV ANTALL LITER DRIVSTOFF FORBRUKT PER DØGN OG PER ÅR I EKSEMPELFARTØYET FINNES NEDERST I ARKET UTDATA.	53
FIGUR 27: DØGNLIG DRIVSTOFFFORBRUK OG DRIVSTOFFFORBRUK PER KG FANGST FOR EKSEMPELFARTØY OG GJENNOMSNIITTSFARTØY I ARKET SAMMENLIKNING.	55
FIGUR 28: GRAFER OVER DØGNLIG DRIVSTOFFFORBRUK OG DRIVSTOFFFORBRUK PER KG FISK FOR EKSEMPELFARTØY OG GJENNOMSNIITTSFARTØY. OVER GRAFENE ER DET CELLER SOM VISER FORSKJELL I FARTØYENES DRIVSTOFFFORBRUK BÅDE SOM ANTALL LITER OG SOM ANTALL KRONER. UNDER GRAFENE ER DET CELLER SOM VISER EKSEMPELFARTØYETS PROSENTVISE FORSKJELL I FORHOLD TIL GJENNOMSNIITTSFARTØYET.	55
FIGUR 29: TILFELDIGE TALL TASTET INN FOR DRIVSTOFFFORBRUK PER DØGN, DRIVSTOFFFORBRUK PER KG FISK, FOR DØGN I ULIKE DRIFTSTILSTANDER, DRIVSTOFFPRIS OG FANGSMENGDE.	57
FIGUR 30: EKSEMPEL PÅ HVORDAN CELLENE ENDRES MED DE INNTASTEDE DATA SOM NEVNES I FIGUR 29.	57
FIGUR 31: CELLER SOM KALKULERER OG SAMMENLIKNER TIDSBruk I DE FORSKJELLIGE DRIFTSProfiler FOR EKSEMPELFARTØY OG GJENNOMSNIITTSFARTØY. HENTET FRA ARKET SAMMENLIKNING.	59
FIGUR 32: CELLER SOM BEREGNER OG SAMMENLIKNER DRIVSTOFFFORBRUK I DE FORSKJELLIGE DRIFTSTILSTANDENE TIL EKSEMPELFARTØY OG GJENNOMSNIITTSFARTØY. HENTET FRA ARKET SAMMENLIKNING.	60
FIGUR 33: CELLER SOM SAMMENLIKNER OG ANALYSERER DET DØGNLIGE DRIVSTOFFFORBRUKET TIL EKSEMPELFARTØY OG GJENNOMSNIITTSFARTØY. HENTET FRA ARKET SAMMENLIKNING.	61
FIGUR 34: SKJERMBILDET VISER ET EKSEMPEL PÅ OPPSETTET AV ANALYSEN AV DE ENKELTE DRIFTSTILSTANDER, I ARKET SAMMENLIKNING.	62
FIGUR 35: I ANALYSEN FOR HVER ENKELT DRIFTSTILSTAND ER DET OGSÅ GRAFER SOM ILLUSTRER DRIVSTOFFFORBRUKET, I ARKET SAMMENLIKNING.	62
FIGUR 36: OPPSUMMERING AV DET DØGNLIGE DRIVSTOFFFORBRUKET I GJENNOMSNIITTSFARTØYETS MOTORER I FORSKJELLIGE DRIFTSTILSTANDER, BÅDE PÅ TABELLFORM OG GRAFISK. HENTET FRA ARKET SAMMENLIKNING.	64
FIGUR 37: OPPSUMMERING AV HVER ENKELT MOTORS PROSENTVISE ANDEL AV DET DØGNLIGE DRIVSTOFFFORBRUKET. FIGUREN VISER TABELL OG GRAF FOR GJENNOMSNIITTSFARTØY, MEN TILSVARENDE FINNES OGSÅ FOR EKSEMPELFARTØY. HENTET FRA ARKET SAMMENLIKNING.	65
FIGUR 38: FORSKJELL I DØGNVIS DRIVSTOFFFORBRUK MELLOM EKSEMPELFARTØY OG GJENNOMSNIITTSFARTØY FOR HVER ENKELT MOTOR UNDER HVER ENKELT DRIFTSTILSTAND. FRA ARKET SAMMENLIKNING.	66
FIGUR 39: FORSKJELL I DØGNVIS DRIVSTOFFFORBRUK, VIST I PROSENTVISE FORSKJELL MELLOM EKSEMPELFARTØYET OG GJENNOMSNIITTSFARTØYET. FRA ARKET SAMMENLIKNING.	66
FIGUR 40: ESTIMERT DØGNLIG DRIVSTOFFFORBRUK SOM RESULTAT AV DE FORSKJELLIGE UTSTYRGRUPPENES ENERGI BEHOV UNDER ULIKE DRIFTSTILSTANDER. GRAFEN OG TABELLEN PÅ BILDET VISER DATA FOR GJENNOMSNIITTSFARTØYET. TILSVARENDE FINNES OGSÅ FOR EKSEMPELFARTØYET. FRA ARKET SAMMENLIKNING.	67

FIGUR 41: TABELL OG GRAF SOM VISER UTSTYRSGRUPPENES ESTIMERTE ANDEL AV DET TOTALE DØGNLIGE DRIVSTOFFFORBRUKET UNDER ULIKE DRIFTSTILSTANDER. FIGUREN VISER TABELL OG GRAF FOR GJENNOMSNITTSFARTØYET, TILSVARENDE FINNES OGSÅ FOR EKSEMPELFARTØYET. FRA ARKET SAMMENLIKNING.	68
FIGUR 42: TABELL SOM VISER LITERVIS FORSKJELL I DRIVSTOFFFORBRUK PER DØGN MELLOM EKSEMPELFARTØY OG GJENNOMSNITTSFARTØY. FRA ARKET SAMMENLIKNING.	69
FIGUR 43: TABELL SOM VISER DEN PROSENTVISE DIFFERANSEN I DRIVSTOFFFORBRUK PER DØGN HOS EKSEMPELFARTØY I FORHOLD TIL GJENNOMSNITTSFARTØY. FRA ARKET SAMMENLIKNING.	69
FIGUR 44: INNDATAENE I BAKGRUNNSMATERIALET ER ORGANISERT VED AT FARTØYENES DRIFTSDATA LEGGES IN VERTIKALT NEDOVER, MENS ULIKE DRIFTSTILSTANDER, MOTORER OG UTSTYRSGRUPPER LIGER HORIZONTAL BORTOVER. FIGUR FRA ARKET OLJEFORBRUK- INN.	70
FIGUR 45: FIGUREN VISER OPPSETTET I ARKET OLJEFORBRUK- UT, VED Å VISE ARKETS FØRSTE RADER OG KOLONNER.	71
FIGUR 46: I ARKET DRIFTSPROFIL- AUTOLINE ER DATA OM FARTØYENES TIDSBRUK I DE ULIKE DRIFTSTILSTANDER SAMLET.	72
FIGUR 47: CELLER F- L 89- 109 I ARKET SAMMENLIKNINGER. VISER TID I ULIKE DRIFTSTILSTANDER FOR GJENNOMSNITTSFARTØYET. 76	
FIGUR 48: CELLER F- L 141- 161 I ARKET SAMMENLIKNING. FIGUREN VISER ÅRLIG DRIVSTOFFFORBRUK PER DRIFTSTILSTAND FOR GJENNOMSNITTSFARTØYET.	77
FIGUR 49: CELLER D- L 173- 176 I ARKET SAMMENLIKNING. FIGUREN VISER DØGNLIG DRIVSTOFFFORBRUK FOR GJENNOMSNITTLIG AUTOLINEFARTØY I UTVALGET I ULIKE DRIFTSTILSTANDER.	77
FIGUR 50: CELLER Q- W 565- 587 I ARKET SAMMENLIKNING. GRAFEN VISER HVOR STORT DRIVSTOFFFORBRUKET GJENNOMSNITTLIG ER FOR FARTØYENE I DATAGRUNNLAGET FORDELT PÅ DE ULIKE MOTORENE.	78
FIGUR 51: CELLER O- Z 548- 564 I ARKET SAMMENLIKNING. TABELLEN VISER GJENNOMSNITTLIG DRIVSTOFFFORBRUK I DE ULIKE MOTORENE UNDER ULIKE DRIFTSTILSTANDER FOR UTVALGET AV FARTØY.	79
FIGUR 52: TABELLEN VISER DE ULIKE MOTORENS ANDEL AV DET TOTALE DRIVSTOFFFORBRUKET FOR FARTØYENE I UTVALGET. CELLER BV- CA 3- 17 I ARKET OLJEFORBRUK- INN.	80
FIGUR 53: CELLER Q- W 668- 690 I ARKET SAMMENLIKNING. GRAFEN VISER DRIVSTOFFFORBRUK I DE FORSKJELLIGE DRIFTSTILSTANDENE FORDELT OVER DE ULIKE UTSTYRSGRUPPENE.	80
FIGUR 54: FIGUREN VISER EKSEMPLER PÅ SPESIFIKT DRIVSTOFFFORBRUK UNDER ULIKE LASTER FOR MOTOREN MAN 7S60MC – C8 [50].	84
FIGUR 55: FIGUREN VISER EN PRINSIPPSKISSE FOR HVORDAN EN AKSELGENERATOR KAN VÆRE KOPLER TIL EN HOVEDMOTOR OG SKIPETS ELEKTRISKE SYSTEM [55].	85
FIGUR 56: FIGUREN VISER HVORDAN ROLLS ROYCE SER FOR SEG AT DERES HYBRID SHAFT GENERATOR KAN KJØRES [56].	86
FIGUR 57: CELLER P- Z 550- 562 I ARKET SAMMENLIKNING VISER DRIVSTOFFFORBRUK FORDELT OVER DE ULIKE MOTORENE I DE ULIKE DRIFTSTILSTANDENE FRA GJENNOMSNITTET FOR UTVALGET AV AUTOLINEFARTØY.	87
FIGUR 58: TABELLEN I FIGUREN BEREGNER EFFEKTEN SOM GÅR INN I FARTØYETS MOTORER UNDER DE ULIKE TILSTANDENE, OG HVA DENNE EFFEKTEN BRUKES TIL.	87
FIGUR 59: GJENNOMSNITTLIGE BEREGNEDE EFFEKTER I UTVALGET EKSEMPELFARTØY UNDER ULIKE DRIFTSTILSTANDER, OG HVA EFFEKTERNE BENYTTES TIL.	88
FIGUR 60: GJENNOMSNITTLIG FORDELING AV TIDSBRUK I DE ULIKE DRIFTSTILSTANDENE FOR UTVALGET AV FARTØY.	88
FIGUR 61: EKSEMPELET VISER HVORDAN EFFEKTFLYTEN KAN FORDELE SEG I EN MODERNE FORBRENNINGSMOTOR [22].	94

FIGUR 62: SKISSE SOM VISER HVORDAN ELEKTRISITET KAN GENERERES I EN ORGANISK RANKINE SYKLUS, MED TEKNOLOGI FRA CALNETIX TECHNOLOGIES[60].	95
FIGUR 63: FIGUREN VISER ESTIMERT DØGNLIG DRIVSTOFFORBRUK ETTER AT AKSELGENERATOR ER INSTALLERT. DRIVSTOFFORBRUKET ER FORDELT OVER DE ULIKE MOTORENE OG DE ULIKE DRIFTSTILSTANDENE.	96
FIGUR 64: FIGUREN VISER ESTIMERT EFFEKT INN I MOTORENE GJENNOM MOTORENES DRIVSTOFF.	97
FIGUR 65: FIGUREN VISER ESTIMERT EFFEKT SOM SLIPPES UT SOM VARME MED AVGASSENE.	97
FIGUR 66: FIGUREN VISER EN ILLUSTRASJON AV STEAMDRIVE 30, ET AV VOITH SINE SYSTEMER FOR GENERERING AV ELEKTRISITET[69].	98

Formeliste

FORMEL 1: FORMEL I CELLE H-I 680-684 I ARKET INNDATA	38
FORMEL 2: FORMEL I CELLE E686 – E694, M686 – M694, E705 – E713, M705 – M713 I ARKET INNDATA.....	38
FORMEL 3: FORMEL I CELLE D19 I ARKET BEREGNINGER	39
FORMEL 4: FORMEL I CELLE E19 I ARKET BEREGNINGER	39
FORMEL 5: KOMMANDO I CELLE D29 I ARKET BEREGNINGER	40
FORMEL 6: FORMEL I CELLE C41 I ARKET BEREGNINGER	40
FORMEL 7: FORMEL I CELLE E29 I ARKET BEREGNINGER	41
FORMEL 8: FORMEL I CELLE F29 I ARKET BEREGNINGER	41
FORMEL 9: FORMEL I CELLE E35 I ARKET BEREGNINGER	41
FORMEL 10: FORMEL I CELLE F35 I ARKET BEREGNINGER	41
FORMEL 11: KOMMANDO I CELLE C188 I ARKET BEREGNINGER	42
FORMEL 12: FORMEL I CELLE M188 I ARKET BEREGNINGER	42
FORMEL 13: FORMEL I CELLE C202 I ARKET BEREGNINGER	42
FORMEL 14: FORMEL I CELLE K19 I ARKET BEREGNINGER.....	43
FORMEL 15: FORMEL I CELLE N19 I ARKET BEREGNINGER.....	44
FORMEL 16: FORMEL I CELLE L29 FRA ARKET BEREGNINGER.....	45
FORMEL 17: FORMEL I CELLE L37 I ARKET BEREGNINGER.....	45
FORMEL 18: FORMEL I CELLE M 37 I ARKET BEREGNINGER	46
FORMEL 19: KOMMANDO I CELLE D19 I ARKET UTDATA	47
FORMEL 20: KOMMANDO I CELLE D36 I ARKET UTDATA	48
FORMEL 21: KODE I CELLE D53 I ARKET UTDATA.....	48
FORMEL 22: FORMEL I CELLE D70 I ARKET UTDATA	49
FORMEL 23: FORMEL I CELLE C104 I ARKET UTDATA.....	50
FORMEL 24: FORMEL I CELLE D-E 104 I ARKET UTDATA.....	50
FORMEL 25: FORMEL I CELLE F104 I ARKET UTDATA.	50
FORMEL 26: FORMEL I CELLE K72 I ARKET UTDATA.	51
FORMEL 27: FORMEL I CELLE P104 I ARKET UTDATA.	51
FORMEL 28: FORMEL I CELLE F173 I ARKET UTDATA	52
FORMEL 29: FORMEL I CELLE C635	52
FORMEL 30: FORMEL I CELLE D655 I ARKET UTDATA	53
FORMEL 31: FORMEL I CELLE D678 I ARKET BEREGNINGER	53
FORMEL 32: FORMEL I CELLE D701 I ARKET UTDATA	54
FORMEL 33: FORMEL I CELLE D724 I ARKET UTDATA	54
FORMEL 34: FORMEL I CELLE D18 I ARKET SAMMENLIKNING	56
FORMEL 35: FORMEL I CELLE D23 I ARKET SAMMENLIKNING	56
FORMEL 36: FORMEL I CELLE J18 I ARKET SAMMENLIKNING	56
FORMEL 37: FORMEL I CELLE J23 I ARKET SAMMENLIKNING	56

FORMEL 38: FORMEL I CELLE D29 I ARKET SAMMENLIKNING	57
FORMEL 39: FORMEL I CELLE D31 I ARKET SAMMENLIKNING	57
FORMEL 40: FORMEL I CELLE D33 I ARKET SAMMENLIKNING	57
FORMEL 41: FORMEL I CELLE J29 I ARKET SAMMENLIKNING	57
FORMEL 42: FORMEL I CELLE J31 I ARKET SAMMENLIKNING	58
FORMEL 43: FORMEL I CELLE J33 I ARKET SAMMENLIKNING	58
FORMEL 44: FORMEL I CELLE D58 I ARKET SAMMENLIKNING	58
FORMEL 45: FORMEL I CELLE J58 I ARKET SAMMENLIKNING.	58
FORMEL 46: FORMELEN VISER ANTATT REDUKSJON I DRIVSTOFFFORBRUK UNDER SETTING AV LINE, UNDER ANTAKELSEN OM 2 % REDUKSJON AV SPESIFIKT DRIVSTOFFFORBRUK UTELUKKENDE I HOVEDMOTOR. BØLGELIKHETSTEGN BRUKES ETTERSOM DETTE ER GROVE ESTIMATER.	89
FORMEL 47: FORMELEN VISER ANTATT REDUKSJON I DRIVSTOFFFORBRUK UNDER HALING AV LINE, UNDER ANTAKELSE OM 5 % REDUKSJON AV SPESIFIKT DRIVSTOFFFORBRUK UTELUKKENDE I HOVEDMOTOR. BØLGELIKHETSTEGN BRUKES ETTERSOM DETTE ER GROVE ESTIMATER.	89
FORMEL 48: FORMELEN VISER ANTATT REDUKSJON I DRIVSTOFFFORBRUK UNDER SETTING AV LINE, UNDER ANTAKELSE OM 2 % REDUKSJON AV SPESIFIKT DRIVSTOFFFORBRUK I FORHOLD TIL TIDLIGERE DRIVSTOFFFORBRUK I BÅDE HOVEDMOTOR OG HJELPEMOTORER. BØLGELIKHETSTEGN BRUKES ETTERSOM DETTE ER GROVE ESTIMATER.	90
FORMEL 49: FORMELEN VISER ANTATT REDUKSJON I DRIVSTOFFFORBRUK UNDER HALING AV LINE, UNDER ANTAKELSE OM 5 % REDUKSJON AV SPESIFIKT DRIVSTOFFFORBRUK I FORHOLD TIL TIDLIGERE DRIVSTOFFFORBRUK I BÅDE HOVEDMOTOR OG HJELPEMOTORER. BØLGELIKHETSTEGN BRUKES ETTERSOM DETTE ER GROVE ESTIMATER.	90
FORMEL 50: FORMELEN VISER ESTIMAT PÅ HVOR MYE EN MIDDELS EFFEKTIV MOTOR OM BORD ET FARTØY VILLE BEHØVD FOR KONTINUERLIG Å GENERERE 15 kW UNDER HELE FISKET.	99
FORMEL 51: FORMELEN VISER ESTIMAT PÅ HVOR MYE EN MIDDELS EFFEKTIV MOTOR OM BORD ET FARTØY VILLE BEHØVD FOR KONTINUERLIG Å GENERERE 20 kW UNDER HELE FISKET.	99

Innledning

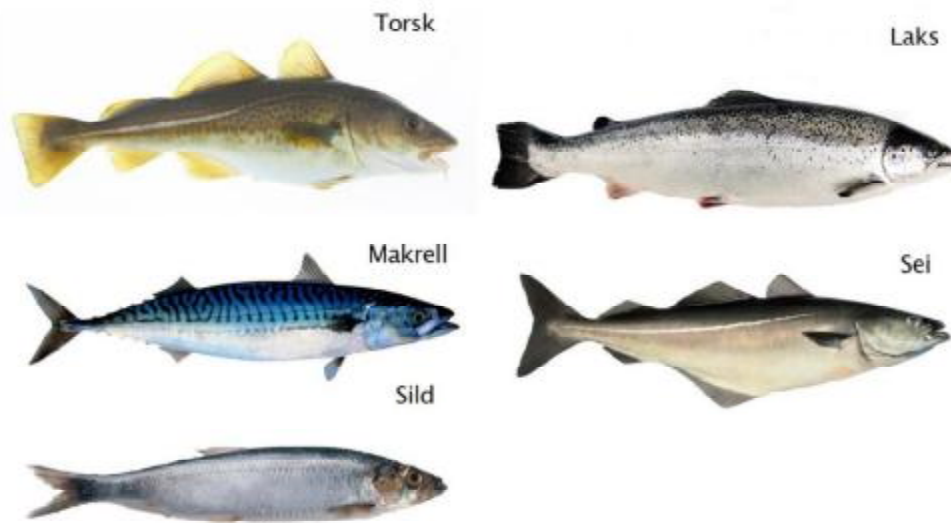
Jordas befolkning øker. Det er antatt at befolkningen vil øke fra en størrelse på 7,1 milliarder i 2013 [1] til 8,5 milliarder i 2035 [2]. En slik befolkningsøkning er forventet å legge et økende trykk på jordas begrensede ressurser ettersom hvert enkelt menneske har behov for mat, klær, medisiner og annet. Det er allerede antatt at om dagens økende etterspørsel opprettholdes er det nødvendig med ressurser tilsvarende to jordkloder i 2020 for å dekke vårt daværende behov [3]. Det er dermed åpenbart at det i økende grad må fokuseres på å effektivisere den globale ressursbruken, altså få dekket mer etterspørsel per ressurs forbrukt. I tillegg finnes problematikk relatert til at økende forbruk av fossile energibærere i de fleste tilfeller bidrar til en økende konsentrasjon av karbondioksid i atmosfæren, som igjen kan føre til globale klimaendringer og ekstreme utfordringer for jordas befolkning[4]. Tre aspekter knyttet til denne ressurs- og miljøtematikken er at mennesker trenger mat, og at denne etterspørselen må dekkes med minst mulig rovdrift på jordas ressurser og minst mulig utslipp av klimaskadelige gasser til atmosfæren. Denne oppgaven skal ta for seg mulighetene til å redusere forbruket av drivstoff ved en gitt type fiske, og berører dermed hvert av disse temaene til en viss grad.

Siden det er flere aspekter som gjør fiske til et interessant tema i sammenheng med miljø og ressursbruk skal man innledningsvis se litt helhetlig på fiske og gjøre rede for konteksten oppgaven er skrevet i. Etter å ha oppnådd en viss oversikt over fiskeri er det rom for å ta for seg oppgavens problemstillinger og hvordan en kan gå frem for å bidra til å løse disse. Ved besvarelse av problemstillingene har det vært hensiktsmessig å dele oppgaven i to deler, der den første delen er en praktisk beskrivelse av hvordan utviklingen av et regneverktøy har gått for seg og hvilke resultater dette har gitt, mens tekstens andre del vil baseres på de konklusjoner som er kommet frem i oppgavens første del. Andre del skal omhandle enkelte teknologier som kan benyttes til energieffektivisering av fartøy analysert i oppgavens første del.

Generelt om iske

Fisk som næringskilde

Fisk er en viktig næringskilde for en stor del av verdens befolkning. I hovedsak er fisk, i likhet med annet animalsk kjøtt, en viktig proteinkilde, men skiller seg likevel ut ved å inneholde en kombinasjon av fettsyrer som ansees som sunnere enn hva som er vanlig for andre typer kjøtt[5]. Proteininnholdet til et utvalg av de mest spiste fiskeartene i Norge (Torsk, Laks, Makrell, Sei, Sild) ligger på 16- 20 % [5]. Bilde av de nevnte fisker vises i figur 1.



Figur 1: Bildet viser noen vanlige norske matfisker [6]. Fiskenes størrelse på bildet er ikke skalert i forhold til hverandre og i virkeligheten er blant annet makrell og sild vesentlig mindre enn de øvrige fiskene på bildet.

For å få et forhold til denne proteinmengden skal det her foretas noen enkle beregninger. Det er anbefalt at en voksen person daglig bør ha et inntak på 0,75 gram proteiner per kilogram kroppsvekt [7]. Ved en antakelse om at en voksen person veier 80 kg kan altså 350 gram fisk være nok til å dekke vedkommendes daglige proteinbehov. Til sammenlikning har skummetmelk et proteininnhold på omtrent 3,4 %. Dette betyr at en voksen person på 80 kg må drikke 1,5 kg melk for å dekke sitt daglige proteinbehov. Naturreis, som er en globalt sett mye spist kornsort, har på sin side et proteininnhold på omtrent 6,7 %, hvilket vil si at det behøves omtrent 900 gram naturreis for å dekke en voksen persons daglige proteinbehov. Når disse matvarene sammenliknes er det dermed tydeligere at fisk er blant matvarene som dekker relativt mye proteinbehov per mengde spist.

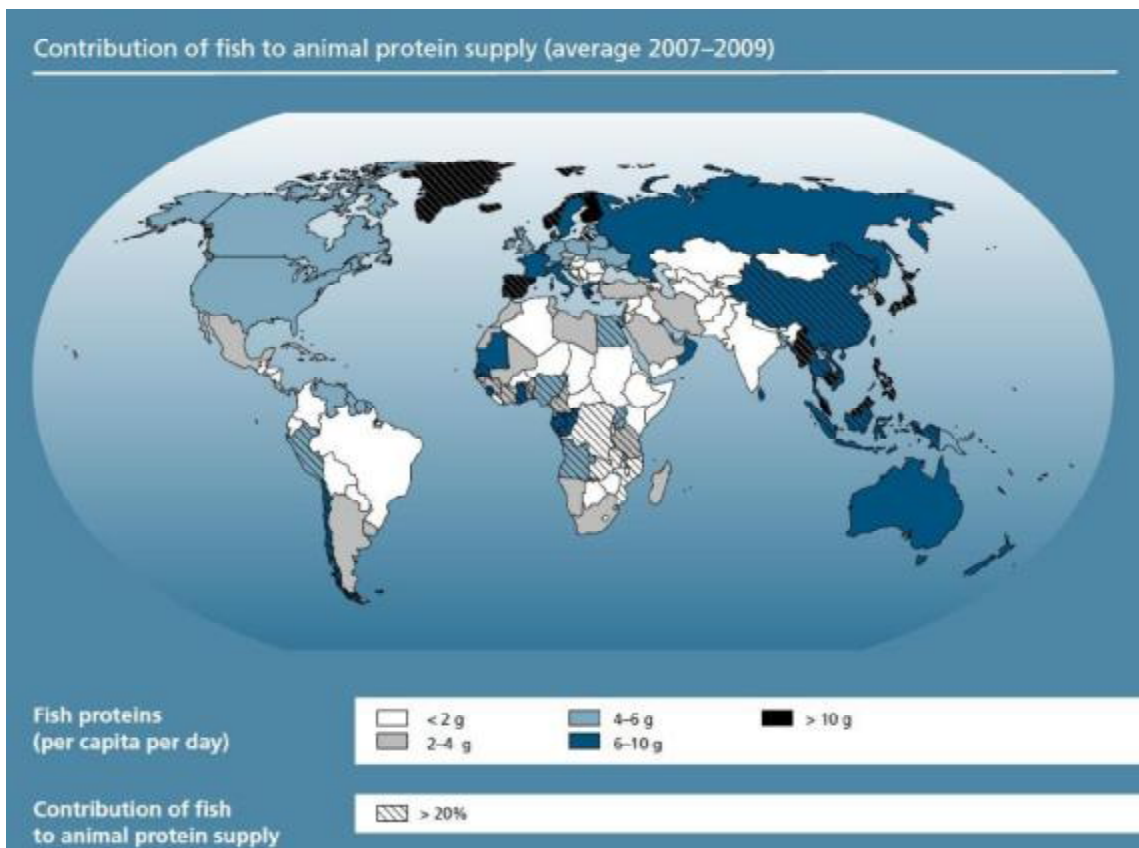
I beregningene ovenfor er det ikke tatt hensyn til at mat også er viktig på grunn av både sitt totale energiinnhold og innhold av andre næringsstoffer, og at proteiner i så måte bare utgjør en viss del av menneskers daglige behov. Ris og melk dekker for eksempel andre næringsmessige behov i større grad enn proteinbehovet. Når det kommer til fisk skal vi likevel fokusere på fisk som primært en proteinkilde ettersom de tre primære energibærerne i mat (karbohydrater, fett og proteiner [5]) fyller forskjellige fysiologiske behov i menneskekroppen og ikke direkte kan erstattes for hverandre [8]. FNs Food and Agriculture Organization (FAO) har for eksempel beregnet at fisk dekker en vesentlig del av proteinbehovet til minimum halvparten av verdens befolkning [9].

Fiske, ressursgrunnlag og overfiske

Selv om denne teksten i hovedsak skal omhandle hvordan en kan redusere ressursbruken knyttet til drivstofforbruket i fiske er det også viktig å påpeke at fiske i seg selv omhandler sanking av jordens ressurser og ofte blir betraktet et av verdens problemer knyttet til bærekraftig ressursbruk. Det er nemlig svært mange fiskestammer, og andre arter som lever i maritime miljøer, som er på veg til å bli utrydningstruet, eller allerede er truet, som følge av menneskers fiskevaner[10, 11].

I løpet av 2011 estimerer FAO at det ble fisket 154 millioner tonn fisk[9]. Av disse var 78,9 millioner fanget gjennom fiskeri til havs og totalt var 130,8 tonn fanget direkte for menneskelig føde. Med en befolkning på 7 milliarder vil dette si at det ble fanget 18,7 kg fisk per person.

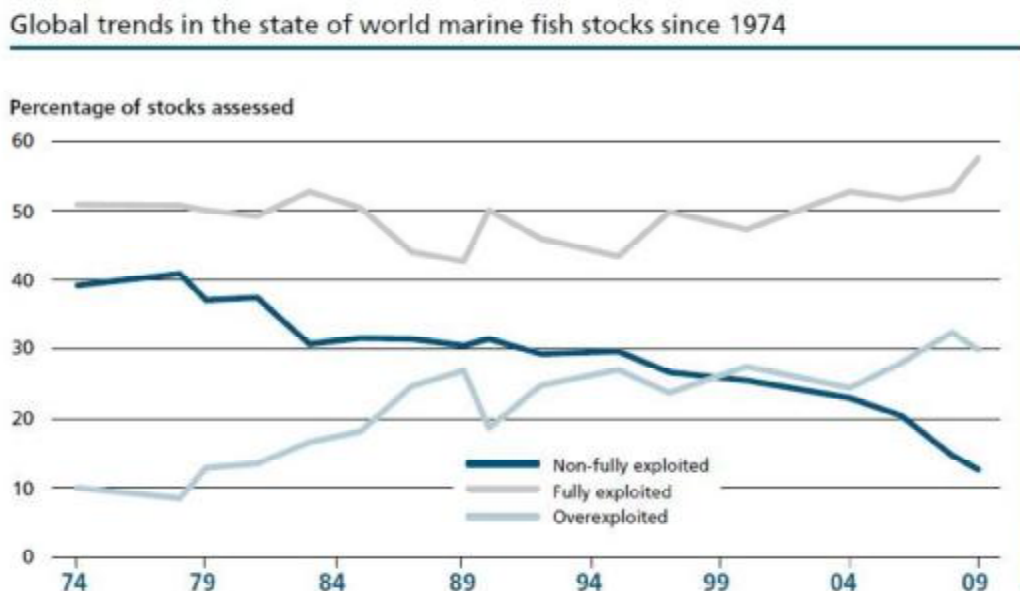
Som en kan se av figur 2 er fisk sin betydning for ulike lokale kosthold svært varierende. Norge er blant landene der fisk står for en stor del av kostholdet og i gjennomsnitt kommer over 20 % av nordmenns forsyning av animalske proteiner fra fisk[9]. Andre land der fiske utgjør en forholdsvis høy andel av kostholdet er Spania, Island, Grønland, en del land i Sørøst Asia og Afrika og enkelte land i Sør-Amerika.



Figur 2: Figuren viser hvordan forsyning av fisk fordeler seg over verdens ulike befolkninger [9].

Dessverre er det begrenset hvor mye en kan øke fangsten av fisk for å dekke verdens økende behov for næring da svært mange fiskestammer begynner å nå sine grenser for bærekraftig fangst og enda flere fiskestammer faktisk er estimert overfisket [9]. Figur 3 viser utviklingen i presset på verdens fiskebestander siden 1974. Av denne figuren kan man se at andelen marine fiskebestander som enda ikke er fullstendig utnyttet er nede i overkant av 10 %. Dette er tilsynelatende historisk lavt og setter kraftige begrensninger på hvor mye vill fisk som ytterligere kan hentes opp fra havet uten at man på sikt vil minke bestandene, og dermed nødvendigvis vil måtte finne seg i lavere fangstrater [9]. Denne utviklingen har fått flere internasjonale organisasjoner til å gå ut og advare om at flere fiskebestander kan kollapse og at det er essensielt å verne om havets ressurser i større grad enn det som gjøres i dag. En av disse organisasjonene er WWF, som har utgitt en rekke publikasjoner og rapporter med informasjon om hvilke fiskearter det er antatt at blir høstet i bærekraftige mengder, og hvilke en bør holde seg unna. Blant annet utgir WWF en pamflett kalt Sjømatguiden som skal hjelpe forbrukere å velge sjømat som høstes av bærekraftige bestander [12].

Et annet problem med enkelte av dagens fiskemetoder er at de fører til bifangst av arter en i utgangspunktet ikke ønsker, eller ikke har lov til, å fange. Dermed fører en del typer fiske også til at en legger press på ressurser og elementer av økosystemer som i utgangspunktet ikke er i kommersiell interesse [13, 14].



Figur 3: Figuren viser hvor stor andel av verdens fiskebestander som er overbelastet, fullt utnyttet og som ikke er fullstendig utnyttet [9].

Dette presset på havets ressurser er blitt en problematikk regjeringer i de fleste fiskerinasjoner er klar over og det er blant annet i Norge relativt klare kvoteregler og begrensninger på hvor mye fisk av hver enkelt art de forskjellige fartøyene har lov til å fange i norske farvann. For øvrig diskuteres det jevnlig om disse reguleringene er sterke nok i de ulike deler av verdens fiskerinæring, men en går ikke ytterligere inn på dette i denne teksten. Informasjon om fiskekvoter i norske farvann kan finnes på Fiskeridirektoratets hjemmesider [15].

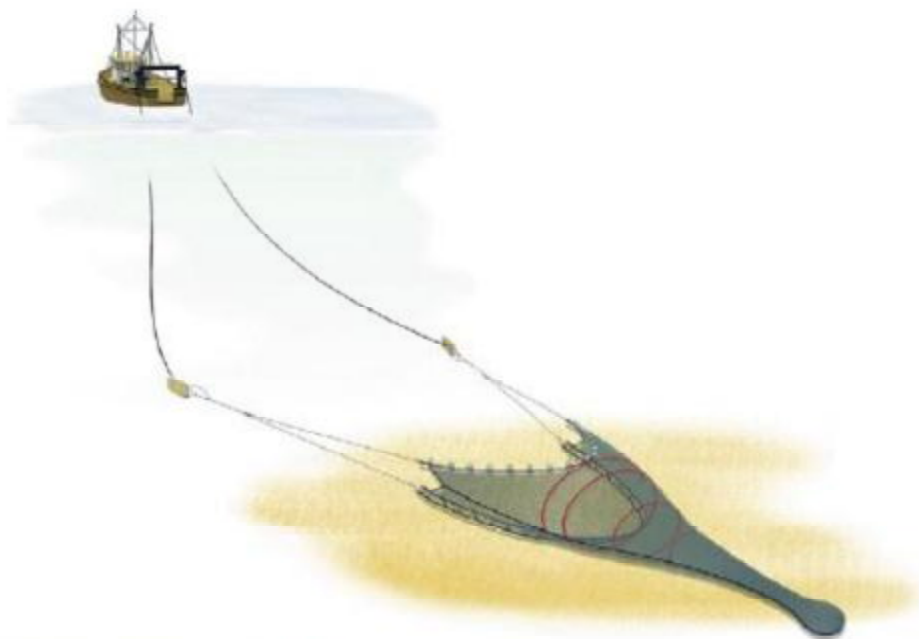
Ulike fiskeredskaper

Både på verdensbasis og i norske farvann er det svært varierende hva slags utstyr og fartøy som benyttes og hvilke fiskearter det fiskes etter[9, 16]. Valg av utstyr bestemmes både av tradisjon, driftsøkonomi og hvilke arter som er målet med fisket[14]. I norske havgående fiskerier er de vanligste fangstmetodene i 2011 trål, not og linefiske. Kystfiske er derimot en relativt sammensatt gruppe fartøy som kan drive fiske med ulike redskaper til ulike deler av året. Fartøy som driver kystfiske har line, not og garn som vanlige fiskeredskaper¹[16, 17].

Valget av fartøygruppen det skal fokuseres på i denne oppgaven ble delvis foretatt på grunnlag av hvilke grupper det var mulig å finne god informasjon om, men det var også et poeng å velge en fartøygruppe som benytter seg av fiskeredskaper som har potensial til å drive et effektivt fiske ut ifra både økologiske og drivstofføkonomiske aspekter. I dette avsnittet følger derfor en forklaring på hva slags fiskeredskaper som karakteriserer fartøygruppene som ble evaluert i valget av målgruppe for problemstillingen.

Trål er en fangstmetode som karakteriseres av at et fartøy trekker et poseformet nett etter fartøyet og dermed fanger opp arter som befinner seg foran inngangen til posen og som er for store til at de unnslipper gjennom åpningene i bunnen av nettet i løpet av trålingen. I figur 4 vises et eksempel på et trålefartøy.

¹ Gjennom samtaler med ansatte i COWIs marine avdeling og en ansatt hos fiskeridirektoratet har forfatteren fått inntrykk av at havgående fartøy i større grad grupperes etter fiskeredskap, mens kystgående fartøy i stor grad grupperes etter lengde fremfor fiskeredskaper da fiskeredskapene har en tendens til å variere over året.



Courtesy of FAO and SEAFDEC.

Figur 4: Bildet viser hvordan en bunntrawl kan se ut[14].

Trålposen dras gjerne langs havbunnen, rett over havbunnen eller i annen ønsket høyde i vannet, avhengig av arten som forsøkes fanget. I norske fiskerier er det vanlig å fange reker, torsk, sei og noe sild og tobis med trål[18]. Figur 5 viser et bilde av reker og figur 6 viser et bilde av tobis.



Figur 5: Figuren viser bilde av skalldyret reker [6].



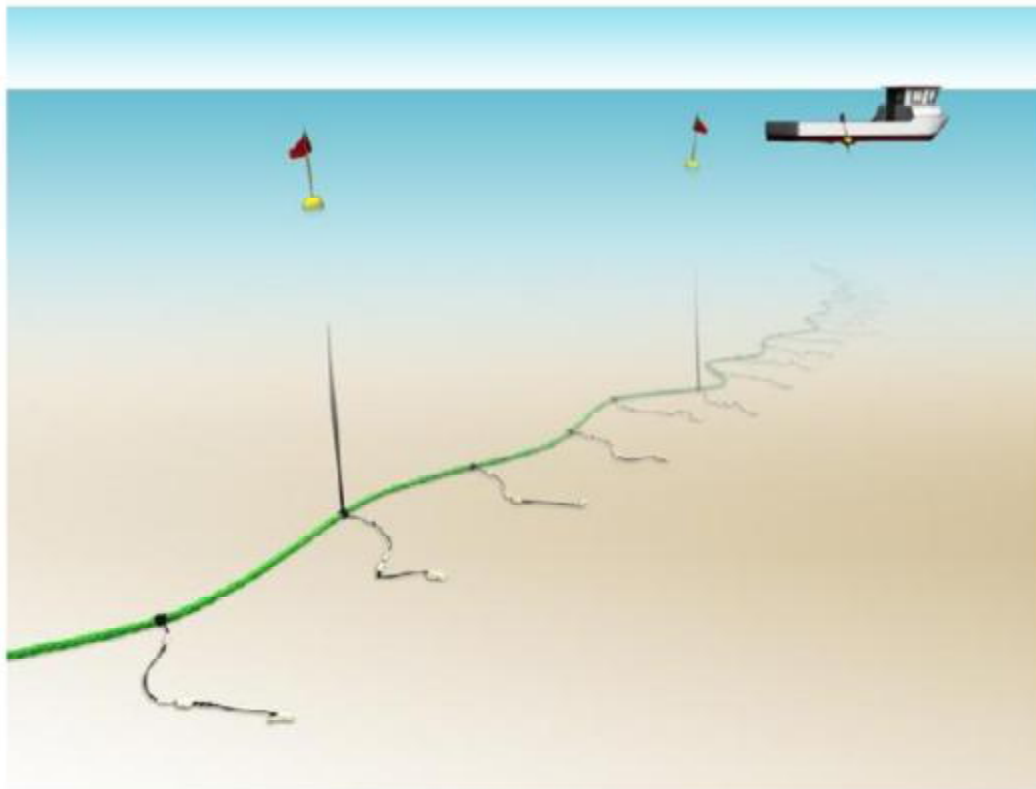
Tobis

Figur 6: Figuren viser en fisk av typen tobis [19].

Fordelene med trål er at det er et relativt praktisk, allsidig, arbeidseffektivt og enkelt fiskeredskap å bruke[14]. Det kan også være relativt energieffektivt ved fangst av enkelte arter[18, 20]. Store ulemper med bruk av trål er imidlertid at dette er en fangsmetode som får mye kritikk for å være lite selektiv i fangst av arter og dermed i stor grad kan ta livet av mye uønskede og truede arter, i tillegg til å kunne gjøre stor skade på korallrev, som er en viktig del av havets økosystemer[10, 14]. Tråling er også en ganske hardhendt fiskemetode som fører til at arter som blir fanget gjerne moses sammen og tar stor skade. Dette fører i tillegg til å kunne ta livet av uønskede arter, til at man reduserer kvaliteten på fisken som fanges[21]. Det trekkes også frem at trål kan være svært lite energieffektiv ved fangst av enkelte mindre egnede fiskearter og bruk av tråleredskaper med dårlige hydrodynamiske egenskaper[14, 22].

I likhet med andre utstyrsgupper innbefatter trål ganske mange ulike typer tråleredskaper og det er dermed store interne variasjoner, både økologisk, økonomisk og energimessig, ved bruk av denne fangsmetoden. Som en kommer tilbake til under databehandlingen er det blitt valgt å ikke fokusere på trålefartøy i denne oppgaven på grunn av at det er vanskelig å finne homogent datamateriale for trålere, samtidig som trålere høster kritikk for å være en lite bærekraftig fiskemetode.

Linefiske er en annen mye brukt fiskemetode. I linefiske er prinsippet at en legger en lang line der forsyn forbinder selve krokene med lineryggen[17]. På krokene er det gjerne agn i form av fisk, men det hender også at agnet består av andre materialer som frigir odør, som lyser eller har andre egenskaper som interesserer målfisken[14]. Et bilde av et fartøy som driver linefiske er vist i figur 7.

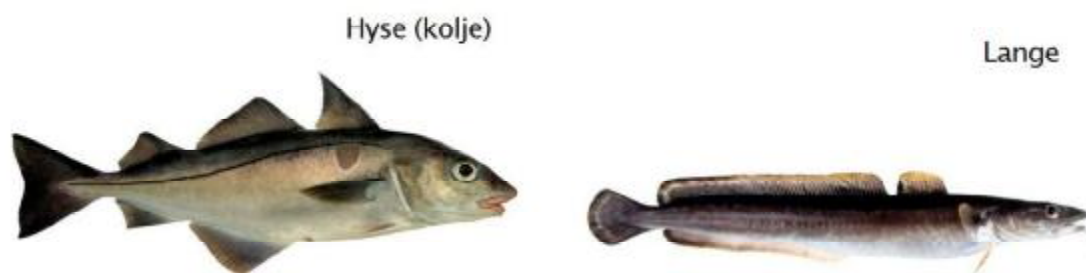


Courtesy of FAO and SEAFDEC.

Figur 7: Bildet viser hvordan en line kan se ut. Dette er en illustrasjon av en bunnline, der lina ligger ankret til bunnen inntil den hales opp igjen [14].

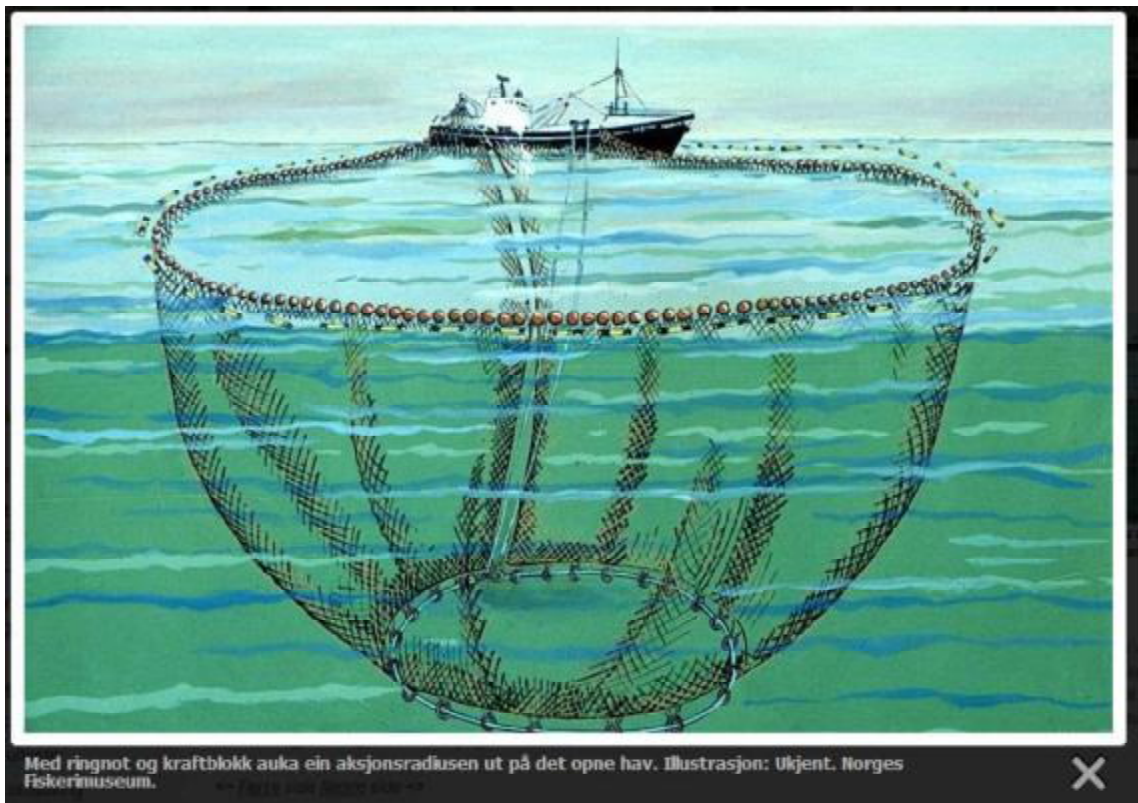
Linefartøy varierer svært mye både i størrelse, hvor de fisker og hvilke fisker de har som mål. Det varierer også hvor mekanisert fiske er, men blant norske havgående fartøy er autoline en mye brukt teknologi som betyr at det er en del prosesser forbundet med å sette agn på krokene, setting av lina og haling av lina som er mekanisert[23]. Et typisk autolinefartøy i norske farvann kan ha liner som er opptil 50km lange og ha et antall kroker i størrelsesorden 50 000. En regner da med at det tar opptil 15- 20 timer å hale lina [23], og at fartøyene ofte er 4- 6 uker til havs om gangen[17]. Fordeler med linefartøy er at en ved å velge agn, størrelse på kroker, i hvilke dybde en legger lina og hvor en legger lina i stor grad kan bestemme hvilken fangst en får på krokene. En unngår dermed noe av problematikken assosiert med trålerne, som kan rive med seg både uønsket fangst og korallrev i fisket. Fisken tar også relativt liten skade av å bli fanget med krok og halt om bord på fiskefartøyet, slik at fiskekjøttet beholder relativt god kvalitet og gjør det mulig å oppnå bra pris for fangsten [14]. Ulemper med linefiske er at det til tross for å være et redskap som er ganske selektiv i fangsten fortsatt opplever noen problemer med fangst av uønskede arter. Blant truede arter som kan plages av linefiske er albatross, hai og havskilpadder[9]. I stillehavet er det for eksempel problemer knyttet

til at utsatte fuglearter dykker etter agnet på lina, setter seg fast i krokene og drukner[24]. Andre ulemper med linefiske er at dette er et fiske som er relativt arbeidsintensivt, hvilket er dyrt i vestlige land, i tillegg til at det ikke nødvendigvis er spesielt energieffektivt i tilfeller der det er langt ut til fiskefeltene[9, 14]. I denne oppgaven er det blitt valgt å fokusere på autolinefartøy ettersom denne fartøygruppen tilsynelatende er relativt effektiv etter både økologiske, økonomiske og energimessige betraktninger. I tillegg er dette, som vi skal komme tilbake til, en av fartøygruppene det er mulig å finne relativt detaljert og systematisert informasjon om. Arter som fanges med line er i Norge i hovedsak torsk, hyse og lange. Bilde av hyse og lange vises i figur 8.



Figur 8: Figuren viser fiskene hyse og lange [6].

Notfiske er et fiske der prinsippet går ut på at en bruker et nett for å innesperre og fange fisken. Det finnes flere måter å gjøre dette på og i Norge og andre høyt mekaniserte fiskerier er ringnot en svært vanlig fiskemetode[18]. Her er prinsippet at en ankrer ut et nett, trekker det i en svær sirkel før en tilslutt snurper det sammen[17, 25, 26]. Det er vanlig at en forsøker å legge nota som en ring rundt hele fiskestimer. Når nota er snurpet sammen kan en hale fisken om bord i fiskefartøyet. En av fordelene med notfiske er at fisken blir fanget rett før den hentes om bord i fartøyet og er derfor i live helt til den kommer i kontakt med fiskerne. Dette gir muligheten til både å få levende fangst og at fangsten kan trekkes om bord i fartøyet relativt skånsomt, hvilket gir bedre kvalitet på fiskekjøttet og potensielt høyere pris. At nota gjerne har en stor omkrets, hvilket gir muligheten til å fange store fiskemengder på en gang, og at fartøyet kan kjøre på relativt lav effekt når nota snurpes gjør at notfiske er blant fartøygruppene som kommer best ut energimessig[9, 18]. En av ulempene med notfiske er at denne metoden ikke nødvendigvis er spesielt selektiv og egner seg best for å fange fiskearter som lever i stim. Vanligste arter å fange med not i norske fiskerier er sild, makrell, kolmule og sei. Figur 9 viser en skisse av hvordan fiske med ringnot kan foregå. Figur 10 viser et bilde av fisken kolmule.



Figur 9: Skjerm bilde som viser en skisse av et fartøy som snurper en ringnot [27].

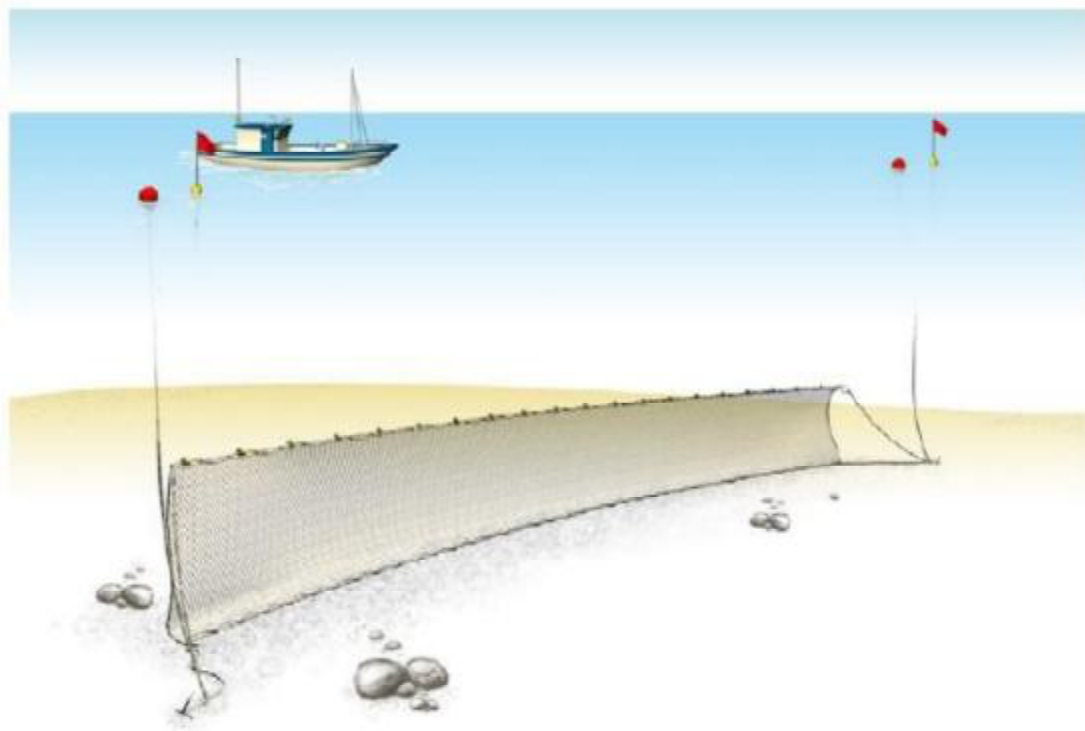


Kolmule

Figur 10: Bilde av fisken kolmule [28].

Fiskegarn er den siste fiskemetoden som skal omtales her. Denne metoden inkluderes også i beskrivelsene ettersom dette er et fiskeredskap som dukket opp i datagrunnlaget som skulle bli benyttet i utarbeidelsen av regneverktøyet, men som det senere ble sett vekk ifra da det var ønskelig med mest mulig homogene fartøydata. Garn er et nett som settes i havet og er et passivt utstyr som er ment å fange fisk på vandring[29]. Det er vanlig å la garnet ligge i havet et gitt antall timer for så å

trekke det igjen på et passende tidspunkt[14]. Fordelene med garn er at det er forholdsvis enkelt å bruke og et relativt billig fiskeredskap. Ulempene er at det ikke er spesielt selektivt da mange forskjellige arter, deriblant arter som er uønsket å fange, kan vikle seg inn i det. Ofte er det heller ikke god kvalitet på fangsten da fisken gjerne dør mens det er fanget i garnet og kan ha vært død en stund når garnet trekkes igjen[14]. I tillegg kan det være forholdsvis dyrt å håndtere garn i vestlige land da det er ganske arbeidsintensivt å få løs fangst og ordne garnet før og etter fisket[14]. Et annet problem som trekkes frem er at garn har en tendens til å bli slitet løs fra plasseringen og dermed ikke hentes opp igjen, men fortsetter å fange og drepe marint liv gjennom det som kan kalles spøkelsesfiske[14]. Vanlig fangst ved bruk av fiskegarn i norske fiskerier er torsk, sild og sei[18]. Figur 11 viser en skisse av et fartøy som driver fiske med garn.



Courtesy of FAO and SEAFDEC.

Figur 11: Figuren viser en skisse av hvordan fiske med garn kan se ut[14].

Eksempel på autolinefartøy

Før energibruk i fiske skal forklares, benyttes her anledningen til å gi et eksempel på et autolinefartøy ved å beskrive teknisk informasjon om fartøyet Nesbakk. Grunnen til at dette fartøyet er valgt er at dette har en svært oversiktlig internettside som gir grundig informasjon om fartøyets tekniske spesifikasjoner. I tillegg er fiskeutstyret, størrelsen på fartøyet og størrelsen på fartøyets motorer sammenliknbart med fartøyene i datagrunnlaget som blir behandlet senere i oppgaven. All videre

informasjon om fartøyet er hentet direkte fra skipets nettsider og er dermed som sitat å regne [30]. Bilde av fartøyet er vist i figur 12.



Figur 12: Bildet viser linefartøyet Nesbakk [31].

Linefartøyet Nesbakk er levert i 1999 og inneholder blant annet et Mustad autolinesystem med 60 000 kroker. Fartøyet er i alt 46 meter langt og 11 meter bredt. Under en vanlig fiskeoperasjon er det vanlig med et mannskap på 13 personer, men fartøyet har lugarer nok til 15. Nesbakk har utstyr til å fange, prosessere, fryse og lagre opp til 400 tonn fisk i løpet av et fiske. Fartøyets hovedmotor er en Caterpillar 3512B på 1 119 kW levert mekanisk effekt og skipets elektrisitet genereres av to Caterpillar 3406 som hver har en effekt på 320 kW. [30]

Energibruk i iske

Verdens fiskeflåte er i all hovedsak motorisert og det er estimert et årlig forbruk på 41 millioner tonn drivstoff i fiskerinæringen[9]. Fordelt utover fangsten vil dette si at hvert tonn fangst medfører et brenselforbruk på omtrentlig 620 liter[9]. Ut fra informasjon i ulike rapporter om energibruk i fiskefartøy er det naturlig å anta at det stort sett er diesel som benyttes som brensel[21, 22, 32]. Mye tyder på at både alternative drivstoff som LNG og alternative teknologier for fremdrift som hybriddrift vil bli mer utbredt i fremtiden[3, 22, 33], men disse er fortsatt lite utbredt og vi skal i denne oppgaven gå ut i fra at all oljeforbruk i datamaterialet er i form av diesel i konvensjonelle dieselmotorer, med mindre annet er spesifisert. Her benyttes også anledningen til å presisere at

uttrykket olje i kalkulatoren blir brukt i betydningen drivstoff. Dette har sammenheng med at dette konsekvent var benevnningen på drivstoff i datamaterialet som ble brukt som bakgrunnsmateriale for kalkulatoren. Om det på noe tidspunkt er behov for å omtale oljen i hydraulikksystemer, eller annen olje som ikke benyttes direkte som drivstoff, vil dette spesifiseres.

Oljepris

Råolje, som er det vanligste utgangspunktet for produksjon av diesel, er regnet som en begrenset, ikke-fornybar ressurs. Ifølge mikroøkonomisk teori vil prisen på et produkt øke i takt med økende etterspørsel, fallende forsyning og/eller ved økte kostnader på produksjon av produktet[34, 35]. I motsatte tilfeller vil prisen synke. Slik verden ser ut til å utvikle seg i dag er det stor grunn til å anta at etterspørselen vil fortsette å øke i takt med økende befolkning og økende velstand[2, 3]. Det er også mye som tyder på at den billigste utvinnbare oljen allerede er hentet opp og at de gjenstående reservene vil være mer kostbare å utvikle[2]. På bakgrunn av disse, og en rekke andre observasjoner, hersker det i dag en forventning om at prisen på råolje vil fortsette å øke i fremtiden, hvilket igjen vil medføre høyere dieselpriis[2, 9, 22]. Ettersom den globale fiskeflåten i form av å bestå av kommersielle aktører er knyttet til verdensmarkedet for råolje vil denne oppleve høyere dieselpriiser og dermed dalende lønnsomhet som konsekvens av dette. Fiskere, og eiere av fiskefartøyer, har dermed et insentiv til å kutte drivstoffbruket, hvilket utgjør en til dels betydelig del av fiskefartøys driftskostnader[16, 36], for å opprettholde/forbedre lønnsomhet.

Utslipp

Forbrenning av diesel og andre karbonbaserte energibærere medfører utslipp av gassen karbondioksid. Mengden karbondioksid som slippes ut i atmosfæren i dag er økende[2] og det er av fremstående klimaforskere antatt at det globale klimaet kommer til å endres på grunn av karbondioksids varmeabsorberende egenskaper[4]. Verdens befolkning, deriblant fiskere og eiere av fiskefartøy, kan dermed sies å ha et moralsk ansvar for å begrense sine utslipp av karbondioksid for å redusere problemer knyttet til global oppvarming både i vår egen tid og for generasjoner av levende arter som skal etterfølge oss. Energibruken i fiske dekkes, som tidligere nevnt, i all hovedsak av diesel[32] og det er dermed også av hensyn til klimaet interessant å undersøke hvordan fiskeflåten kan redusere sitt forbruk av drivstoff.

I tillegg kan forbrenning av diesel medføre utslipp av blant annet svoveloksider og nitrogenoksider, som på grunn av sine skadevirkninger på lokalklimaet reguleres i henhold til ulike lover og internasjonale avtaler. En av disse avtalene er Gøteborg- protokollen, som trådte i kraft i 2005. Gjennom Gøteborg- protokollen forpliktet blant annet Norge seg til å redusere sine utslipp av svoveldioksid med 58 % innen 2010, i forhold til 1990 nivå, og redusere sine utslipp av

nitrogenoksider med 29 % [37, 38]. Avtalen er blitt fornyet i 2012 og Norge har nå forpliktet seg til å redusere sine utslipp av Svoveldioksid med 10 %, i forhold til 2005 nivåer, og redusere sine utslipp av Nitrogenoksider med 23 % [39]. Forpliktelsen innebærer at reduksjonen skal være foretatt innen 2020, og at nivået på utslippene deretter skal holdes stabilt. Avtaler som Gøteborg- protokollen fører til av avgasser blir avgiftsbelagt og er forventet å bli strengere i fremtiden[9, 22]. Dermed har både fiskere, og andre som er ansvarlige for utslipp av disse gassene, både økonomiske og etiske incentiver til å redusere sine utslipp. Blant svoveloksidens skadevirkninger kan det nevnes at dette er en gass som både kan medføre sur nedbør og virke irriterende på slimhinner i luftveier og i øyne på levende vesener[40]. Nitrogenoksider kan i likhet med svoveloksider også føre til sur nedbør og være skadelig både for økosystemer og levende vesener[41].

Energibruk knyttet til fiske som næringskilde

Som antydnet under avsnittet for de ulike redskapstypene som benyttes i fiskefartøy er det svært ulikt energiforbruk forbundet med ulike former fiske. Dette medfører i tur at antall liter drivstoff forbrent per kg fangst varierer en del mellom fartøygruppene. Med tanke på skadeeffektene, og økonomien, knyttet til oljeforbruk er det som nevnt ønskelig at verdens økende behov for mat dekkes med lavest mulig forbruk av oljeprodukter. Ettersom denne oppgaven skal ta for seg en konkret fartøygruppes drivstofforbruk, og hvordan dette muligvis kan reduseres, er det rimelig å supplere med noen kommentarer om hvor høyt drivstofforbruk som er knyttet til de ulike typer fiske og hvor høyt drivstofforbruket kan være i annen matproduksjon.

I denne oppgaven blir oppmerksomheten rettet mot Autolinefartøy i nordøst- Atlanteren. Ifølge beregninger av Peter Tyedmers, professor ved Dalhousie University i Canada, bruker norskregistrerte linefartøy rundt 382 til 572 liter drivstoff per tonn fangst i undersøkelser basert på tall fra 1998[18]. Dette tallet er noe høyere enn det for norskregistrerte ringnotfartøy, som kan oppnå mellom 85 til 126 liter drivstoff per tonn fangst. For trål ligger tallene på mellom 95 til 2342 liter drivstoff per tonn fangst. Grunnen til den høye variasjonen i trål er til dels at for eksempel tråling etter reker er vesentlig mer energiintensivt enn tråling etter tobis. Siden fisk, og skalldyr, i stor grad regnes for å være en proteinkilde i kostholdet er det formålstjenlig å måle energien en høster fra fisket i form av proteiner i forhold til energien en legger inn i fisket i form av drivstoff. Dette blir dermed et forholdstall uten benevnelse og i en rekke av Tyedmers publikasjoner kalles dette forholdstallet Edible- Protein Energy Return on Investment (Edible- Protein EROI)[18, 20, 32]. Om en forholder seg til Edible- Protein EROI hadde norske linefartøy i 1998 gjennomsnittlig en effektivitet på mellom 8 % og 17 %. Dette er noe lavere enn for ringnot, som hadde en effektivitet fra 42 % til 56 %. De norske trålerne opererte i et spenn fra en effektivitet på 2 %, for enkelte reketrålere, til 54 % for enkelte tråler som fanget sild og tobis[18]. I dagens markeder er fossil energi en svært viktig innsatsfaktor i

matproduksjon og effektiviteten burde dermed sammenliknes med andre proteinkilder. Som sammenlikning til fiske kan det dermed kommenteres at edible- protein EROI på amerikanskprodusert(e) melk, egg og storfe gjerne har en effektivitet på henholdsvis 7 %, 4 % og 2 % [18].

I utregningene av edible protein EROI ovenfor (disse utregningene er hentet direkte fra kilder og er ikke utregnet av forfatteren) er drivstoff inkludert som energien inn i fiske, mens energien inn i landbruksproduktene inkluderer energien som trengs for å mate husdyrene som produserer egg & melk og som blir storfe. En ser dermed at fiske fra norske farvann kan komme relativt godt ut energimessig sammenliknet med andre proteinkilder. Det må likevel kommenteres at ikke all fisk blir solgt som menneskeføde. En del av dette mates også til fisk i oppdrettsnæringen, eller blir til andre produkter.

Tallene fra Tyedmers undersøkelse er som nevnt fra 1998, og begynner dermed å bli noe gamle. Ifølge undersøkelser foretatt av COWI på oppdrag for Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond ser nyere tall ut til å være noe lavere, men fortsatt befinne seg i noenlunde samme størrelsesorden i deres utvalg av kartlagte fiskefartøy[42].

Problemstilling

For å gi et bidrag til energieffektivisering av fiskeflåten er denne oppgavens problemstilling å utvikle et regneverktøy som skal kartlegge drivstofforbruket i et autolinefartøy basert på inntastet informasjon om fartøyets driftsprofil, motorer og utstyr. Regneverktøyet skal også automatisere en analyse av drivstofforbruket og sammenlikne dette med en analyse av drivstofforbruket til et utvalg andre autolinefartøy. For å undersøke om verktøyets utdata er relevant i forhold til problemstillingen skal det også forsøkes å komme med noen forslag til energieffektiverende tiltak, basert på analysen av utvalget allerede kartlagte autolinefartøy.

Verktøyet skal utvikles i Microsoft Excel, da dette ansees som en plattform med passende kompleksitet og brukervennlighet for dette formål. En underproblemstilling blir dermed å undersøke om et program som Microsoft Excel er egnet til dette formålet, eller om det ville vært mer hensiktsmessig med annen programvare.

Hensikten med å kartlegge drivstofforbruket til et fiskefartøy, for eksempel autoline, er at en ved hjelp av denne kartleggingen skal få et overblikk over hva det er som driver drivstofforbruket i løpet av et fiske og hvor mye drivstofforbruk som er assosiert med forskjellige driftstilstander, motorer og utstyr. Informasjonen skal systematiseres på en slik måte at en kan måle ulike prosesser opp mot hverandre og få en ide om hva som er mer og hva som er mindre drivstoffdrivende i løpet av fisket.

Informasjonen skal også sammenliknes med informasjon om drivstofforbruket til allerede innsamlede autolinefartøy slik at en kan se om eksempelfartøyet har et drivstofforbruk som er sammenliknbart med lignende fartøy. En slik kartlegging og analyse er ment å oppmuntre til å redusere energiforbruket i eksempelfartøyet som tastes inn i kalkulatoren. Tanken er da at en ved hjelp av en slik systematisering og automatisert analyse vil se hvilke prosesser på ens eget skip som er billigere eller dyrere, i drivstofføkonomisk forstand, i forhold til tilsvarende prosesser i andre fartøy. Brukeren av verktøyet vil kunne sammenlikne skipets prosesser både i forhold til andre prosesser på sitt eget skip og prosesser på liknende skip. Det er antatt at en økt bevissthet om hva de forskjellige prosessene i løpet av et fiske koster vil øke interessen for å minke kostnadene ved å effektivisere tidsbruken i ulike prosesser eller ved å installere energireduserende tiltak.

Det må presiseres at forfatteren av oppgaven ikke har erfaring fra fiskefartøy fra tidligere, slik at det ikke er forventet at verktøyet som utvikles skal være fullstendig ferdigutviklet i løpet av oppgaven. Det skal utvikles et forslag til hvordan et slikt verktøy kan se ut og hvordan en skal kunne gå frem for å beregne drivstofforbruket tilknyttet prosesser om bord et fiskefartøy. Det er forventet at verktøyet vil ha behov for utprøving og korrigerende i samarbeid med mennesker som faktisk benytter seg av fiskefartøy før verktøyet eventuelt vil nå sitt fulle potensial. En fordel med å "bare" utvikle grunnmuren til et slikt verktøy er at det da i ettertid også vil være relativt enkelt å modifisere verktøyet til å eventuelt gjelde andre fartøy enn autoline.

Verktøyet er basert på en ide utviklet av ansatte ved det rådgivende ingeniørselskapet COWI sin avdeling i Tromsø. I arbeidet med oppgaven er det derfor blitt benyttet offentlig tilgjengelige rapporter skrevet av COWI på oppdrag for Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF). For å finne relevante måleparametere er det blitt benyttet data som beskriver oljeforbruket til ulike fartøy, som også er offentlig tilgjengelig, og som også er innhentet av COWI på oppdrag for FHF. Dette er de samme data som er blitt benyttet i utvalget av fartøy i datagrunnlaget i regneverktøyet, og som videre i teksten gjerne omtales som energidata.

Tekstens oppbygging

I innledning er det nå beskrevet motivasjonen for valg av problemstilling og hvorfor dette er ansett som relevant.

Videre vil teksten bestå av to deler. I første del vil datagrunnlaget som er benyttet i utviklingen av regneverktøyet bli beskrevet. Det vil også bli foretatt en meget detaljert beskrivelse av hvordan forfatteren er gått frem for å utvikle regneverktøyet og hvorfor det er blitt gjort på denne måten. Her vil en i begynnelsen gå gjennom relevante formler som er inntastet i Excel- dokumentet, mens etter

hvert som de forskjellige kommandoene er blitt behandlet blir det i mindre grad listet opp formler og en nøyer seg heller med å forklare hensikten bak de ulike cellene. Deretter vil det også følge en kort diskusjon om i hvor stor grad regneverktøyet ble slik som planlagt og om det tilsynelatende fungerer som ønsket. For å teste målerparametrene er det foretatt en enkel analyse av gjennomsnittsdata for fartøy i datagrunnlaget. Ved hjelp av analysen av energidata vil det bli foreslått noen aktuelle teknologier for reduksjon av drivstofforbruk tilpasset et autolinefartøy med gjennomsnittlige data knyttet til drivstofforbruk og tidsbruk.

I oppgavens andre del skal en basert på lokale konklusjoner i første del av oppgaven gå nærmere inn på de foreslåtte teknologier for reduksjon av drivstofforbruk. En skal i andre del få en forklaring på hva som er prinsippet bak de foreslåtte teknologiene og en skal også undersøke om disse potensielt kan være gode tiltak, og om verktøyet gir tilstrekkelig informasjon til å komme frem til konkrete anbefalinger. Oppgaven vil avsluttes med en konklusjon som evaluerer både første og andre del, der en kommer frem til en oppsummering om hvorvidt regneverktøyet kan være til hjelp i energieffektivisering av fartøy, hvilke forbedringspotensialer som eventuelt finnes for fartøyene i datagrunnlaget, og hva som kan gjøres videre med kalkulatoren.

Del 1: Beskrivelse av datagrunnlag og utvikling av regneverktøy

I første del av oppgaven skal det utvikles et regneverktøy som kartlegger forbruket av drivstoff i fartøy som fisker med autoline. De kartlagte drivstoffdata skal systematiseres og sammenliknes med gjennomsnittstall for andre autolinefartøy hentet i datagrunnlaget. Datamaterialet for allerede kartlagte autolinefartøy er innhentet direkte fra et prosjekt utført av COWI i regi av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond. Dataene er deretter viderebehandlet der dette er hensiktsmessig.

Utviklingen av regneverktøyet skal gjøres i Microsoft Excel. Hovedutfordringen har bestått av å kartlegge hvilke prosesser som driver fartøyets drivstoffbruk og bestemme hvor mye dette skal detaljeres og systematiseres ved hjelp Excels innebygde funksjoner. I tillegg er det en utfordring å balansere tidsbruk og nødvendig nøyaktighet ved utarbeidelse av verktøyet. Teori som er benyttet for å forstå energistrømmene i fiskefartøy har i stor grad bestått av finlesing av selve datamaterialet. I tillegg er det blitt benyttet enkelte rapporter utgitt av COWI, Norges Fiskarlag, Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond og SINTEF[22, 43, 44].

Hensikten med å bruke Microsoft Excel er at dette er et verktøy som beherskes av forfatteren. En annen grunn til å bruke Excel er at dette programmet har en relativ enkel og intuitiv oppbygging. Et program som behandler regneark er valgt ettersom dette synes hensiktsmessig med tanke på at man i oppgaven skal hente ut og systematisere data med mange parametere, mens selve beregningene er relativt enkle.

Datamateriale

Datamaterialet er benyttet som grunnlag i flere prosesser i oppgaven. Blant annet for å sette seg inn i hva som driver drivstoffbruken i autolinefartøy og hvordan drivstoffbruken kan fordeles på fartøyets ulike utstyrsgupper. Datamaterialet har også en viktig funksjon i form av å lage gjennomsnitt som brukerdataene fra verktøyet kan sammenliknes mot. I tillegg er det beregninger og analyse basert på innhentet datamateriale som blir benyttet når man i andre del av oppgaven skal undersøke noen energieffektiviserende teknologier som kan være hensiktsmessige å implementere i autolinefartøy.

Datamaterialet er hentet fra EFFEKT- programmet til Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF). Effekt er et akronym for energinettverk fiskeflåte- energisparende og konkurransefremmende tiltak, og er et prosjekt som har som mål: "Å bidra til et lavere energiforbruk og utslippsnivå for hele den norske fiskeflåten gjennom å fremskaffe et grunnlag for å igangsette utslipps- og energireducerende tiltak i fartøy samt gjøre energidata og analyser tilgjengelig for ytterligere FOU- aktiviteter og informasjonsspredning." [45].

Et resultat av dette prosjektet er at man har tilgang til relativt detaljert informasjon om energiforbruket i en del norske anonymiserte fiskefartøy. Med tanke både på tidsbruk og etterprøvbarehet syntes det fornuftig å ta i bruk allerede offentlig tilgjengelig informasjon i utarbeidelse av regneverktøyet.

Slik det er nevnt tidligere er det i denne oppgaven blitt besluttet å fokusere på fartøy som er karakterisert ved at de driver fiske med autoline. Grunnen til at denne fartøysgruppen er valgt er at det under gjennomgang av fartøygruppenes energidata ble lagt merke til at informasjonen om autolinefartøy i EFFEKT er relativt ny, og at det finnes detaljerte data for en relativt stor gruppe båter med relativt like driftstilstander. I tillegg er, som også tidligere er nevnt, linefiske en fiskemetode som har relativt godt utgangspunkt med tanke på økonomisk-, økologisk- og energieffektivt fiske.

For autoline er det tilgjengelig data for 10 fartøy med svært like driftstilstander. Dataene er registrert i 2009 og er godt systematisert både med tanke på drivstofforbruk under gitte deler av fiske (steaming, haling line, setting line etc.), med tanke på drivstofforbruk i ulike motorer og med tanke på drivstofforbruk som følge av de ulike elektriske komponenters elektrisitetsforbruk. Til sammenlikning viste det seg for eksempel problematisk å benytte seg av data samlet inn fra trålere ettersom disse består av fartøy som driver med relativt forskjellig fiske. Enkelte trålere benytter for eksempel bare enkeltrål, mens andre benytter både enkeltrål og dobbeltrål i tillegg til at noen tråler både etter fisk og reker. Det viste seg noe komplisert å sammenlikne fartøy som driver med ulikt fiske ettersom ulikt fiske kan føre til ganske forskjellig belastning på fartøyets mekaniske og elektriske energiforbrukere under de ulike driftstilstander.

Beskrivelse av datagrunnlag

Datamaterialet som er brukt i oppgaven er hentet fra dokumenter som er samlet i et prosjekthotell som driftes av COWI. Tilgang til databasen oppnås gjennom et brukernavn og passord som ligger tilgjengelig på COWI sine nettsider [46]. Internettlenke til prosjektdatabasen ligger på samme nettside som brukernavn og passord.

I databasen ligger det anonymiserte, men detaljerte, beskrivelser av oljeforbruket til autolinefartøy i mappen 'Energidata for fartøy'. Utseendet på databasen er vist som skjermbilde i figur 13. I figuren er tilgangen til energidata fra autolinefartøyene vist en rød firkant.



Figur 13. Skjermbilde fra prosjekthotellet der energidata for ulike fiskefartøy er lagret. Databasen er driftet av det rådgivende ingeniørselskapet COWI.

Under mappen Autoline 2009 finnes det detaljerte kartlegginger av 14 ulike autolinefartøy. Av disse benytter fire fartøyer seg av garn i tillegg til autoline. For enkelthets skyld er det i denne oppgaven bare blitt benyttet data fra de 10 båtene som utelukkende benytter autoline.

Detalj kartleggingen av enkeltfartøyene er i høy grad standardisert. Det har dermed vært enkelt å hente ut homogen informasjon tilpasset regneverktøyet konstruert i denne oppgaven. I figur 14 er eksempel på data som er videreført fra EFFEKTs database til regneverktøyet datagrunnlag merket

med røde firkanter.

Autoline fartøy 62															
Tatander															
steaming															
setting line															
haling line															
steaming med last															
levering															
Energi inn	25 dagn steaming		66 dagn setting line		236 dagn haling line		12 dagn steaming med last		9 dagn levering						
	Olje Løstg	Kostnad kr/kg	Olje Løstg	Kostnad kr/kg	Olje Løstg	Kostnad kr/kg	Olje Løstg	Kostnad kr/kg	Olje Løstg	Kostnad kr/kg					
Kulde	3 096	kr	9 598	2 940	kr	8 324	884	kr	2 120	3 096	kr	9 598	-	kr	-
Kulde 1	456	kr	1 414	896	kr	2 196	888	kr	2 752	526	kr	1 627	449	kr	1 381
Kulde 2	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-
Kulde 3	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-
Utsleide	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-	-	kr	-
Sum	3 552	kr	11 011	2 736	kr	8 482	1 572	kr	4 873	3 624	kr	11 234	449	kr	1 381
Oljepris	kr	3,52													
Utsleide	kr	0,89													
Energi ut	129 time (8 framdrift) 25 dagn steaming		66 time (8 framdrift) 66 dagn setting line		29 time (8 framdrift) 236 dagn haling line		129 time (8 framdrift) 12 dagn steaming med last		0 time (8 framdrift) 9 dagn levering						
	Olje Løstg	Kostnad kr/kg	Olje Løstg	Kostnad kr/kg	Olje Løstg	Kostnad kr/kg	Olje Løstg	Kostnad kr/kg	Olje Løstg	Kostnad kr/kg					
Framdrift	3 096	kr	9 598	2 940	kr	8 324	884	kr	2 120	3 096	kr	9 598	-	kr	-
Kulde	214	kr	662	264	kr	879	365	kr	1 131	226	kr	693	198	kr	577
Frys	13	kr	40	122	kr	378	171	kr	529	42	kr	131	99	kr	278
Varme	25	kr	86	28	kr	86	26	kr	86	28	kr	86	28	kr	86
Lys	23	kr	72	34	kr	105	35	kr	109	23	kr	72	41	kr	128
Pumper	11	kr	34	28	kr	118	70	kr	216	37	kr	116	11	kr	34
Annat	183	kr	596	186	kr	573	238	kr	671	174	kr	538	92	kr	285
Sum	3 547	kr	10 987	2 736	kr	8 482	1 568	kr	4 862	3 624	kr	11 223	460	kr	1 381
Utsleide	1	kr	14	8	kr	18	4	kr	11	4	kr	11	1	kr	3
Utsleideprosent	0,3%		0,1%		0,3%		0,3%		0,3%	0,1%		0,1%	0,3%		0,3%

Figur 14. Utseendet på forside til en detaljkartlegging av et enkeltfartøy. Skjermbildet er tatt fra fartøy 62 i COWIs database over kartlagte fartøy. De røde firkantene markerer informasjon som er blitt hentet ut om fartøyene og benyttet i denne oppgaven.

Det som i hovedsak har vært mest interessant for utviklingen av regneverktøyet har vært antall dager fartøyene er i forskjellige driftstilstander, oljeforbruket til ulike motorer i de ulike driftstilstandene og estimert oljeforbruk som følge av energibruk i de forskjellige utstyrsgupper på fartøyene.

Oljeforbruket er i databasen blant annet fordelt etter funksjon slik at det er estimert hvilket oljeforbruk i hver enkelt driftstilstand som er benyttet til framdrift, kulde, hydraulikk, varme, lys, pumper og annet. Ettersom regneverktøyet skal benyttes for å sammenlikne brukerfartøyet med et gjennomsnittsfartøy har det vært hensiktsmessig å beholde de samme utstyrsgupper og driftstilstander.

Regneverktøyet oppbygging

Her skal oppsettet i regneverktøyet forklares. Forklaringene kommer til å være nokså detaljerte og i begynnelsen vil selv formler som er brukt bli forklart. Etter hvert som det er utviklet en forståelse for formlene som er benyttet vil ikke lengre disse forklares, men det vil fortsatt være et høyt detaljnivå for at det skal være mulig å forstå alle celler og beregninger i verktøyet.

Når det kommer til den estetiske utformingen av regneverktøyet er det hentet inspirasjon fra enkelte av COWIs arbeidsdokumenter knyttet til energikartleggingen i energinettverk fiskeflåte. Det er også mottatt noe råd og tips fra ansatte hos COWIs kontor i Tromsø.

For sikkerhets skyld gjentas det her at begrepet olje konsekvent benyttes som ensbetydende med drivstoff i kalkulatoren ettersom det er slik drivstoff konsekvent betegnes i datagrunnlaget hentet fra COWIs database.

Inndata

Verktøyet er satt opp slik at alle inndata skal tastes inn i samme ark. I dette arket skal brukeren av verktøyet fylle inn informasjon om fartøyets drift, motorer, elektrisk utstyr, fangst og drivstoffpris.

Driftsprofil, drivstoffpris, fangst og akselgenerator

I regneverktøyet er det slik at cellene der brukeren skal taste inn sine data er farget oransje. De oransje cellene er deretter koplet opp mot celler i de ulike arkene som bruker den inntastede informasjonen til å gjøre beregninger.

The screenshot shows a spreadsheet interface with a form titled "Generelle opplysninger". The form is located in the center of the spreadsheet, spanning from column B to column M and rows 8 to 34. The form contains several input fields and a dropdown menu. The fields are: "Type fiske" (Autoline), "Driftsprofil" (with a sub-instruction to write the number of days in different states), "Steaming", "Sette line", "Haling line", "Steaming med last", "Levering", and "Totalt antall dager". Below these are "Fangst" (total catch in kg), "Oljepris" (price per liter), and a question "Er det akselgenerator på hovedmotor?" with a "Ja/Nei" dropdown. The spreadsheet grid shows columns A through N and rows 1 through 35.

Figur 15: Skjerm bilde av starten på arket INNDATA.

Arket INNDATA begynner med generelle spørsmål om hvor mye tid som brukes, målt i antall døgn, i de forskjellige tilstandene: Steaming, Sette line, Haling line, Steaming med last, Levering. Disse dataene blir addert sammen slik at den totale driftstiden dukker opp i en celle til høyre for inntastede data. Det blir også spurt om hvor mange kg fangst fartøyet tar i løpet av året. For å regne ut kostnadene knyttet til energibruken skal en også taste inn literprisen fartøyet betaler for drivstoff. Skjerm bilde av begynnelsen til arket INNDATA vises i figur 15.

Utrykkene Steaming, Setting line, Haling line, Steaming med last og Levering er navn som er hentet fra COWI sine data og disse navnene på ulike driftstilstander blir videreført konsekvent i regneverktøyet for at det skal samsvare med datamaterialet.

Motorinformasjon

Informasjon om motorene er viktig med tanke på at det er punktet der energien kommer inn i form av drivstoff og vil bli omdannet til mekanisk energi som videre kan brukes til fremdrift eller generering av elektrisitet. I enkelte tilfeller har båter også en pyrokjel der olje brennes for å lage varme, og det er derfor inkludert celler der en kan taste inn data om kjelen.

Brukeren av verktøyet får her først spørsmål om motorenes makseffekt. Dette er informasjon som sammen med belastning og tid i de gitte tilstandene kan gi informasjon om energien levert på akslinger. I de tilfellene det er installert akselgenerator er det spesielt hensiktsmessig å kunne regne ut energien levert inn i fartøyet. Fra denne energien er det nemlig nødvendig å subtrahere energien brukt av det elektriske utstyret for å kunne beregne energien brukt til fremdrift. Likevel viser det seg at maskinisten på fartøyet gjerne vet både motorens drivstofforbruk per tid og drivstofforbruk per kWh mekanisk energi. Dermed er ikke informasjonen om motorenes størrelse blitt benyttet til beregninger senere i dokumentet. Cellene er likevel blitt stående for at det skal være mulig å legge til applikasjoner i dokumentet som kan trenge denne informasjonen.

Under motorinformasjon blir det også spurt etter informasjon om motorenes belastning, drivstofforbruk per time og antall timer per døgn motoren er i bruk. Denne informasjonen skal gis for ulike motorer under ulike typer drift. Ved hjelp av disse cellene kan man dermed finne fartøyets drivstofforbruk, både totalt og for ulike motorer og ulike deler av fisket. Denne informasjonen kan også benyttes for å finne fordelingen av drivstofforbruket mellom fremdrift og de andre brukerne av energi.

På figur 16 og 17 vises cellene der en kan taste inn motorenes effekt, drivstofforbruk og last under ulike driftstister.

	E	F	G	H	I	J
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						

Motorer

Her skal en oppgi makseffekt til båtens motorer

Hovedmotor	Hjelpemotor 1
<input type="text"/> kW	<input type="text"/> kW
Hjelpemotor 2	Hjelpemotor 3
<input type="text"/> kW	<input type="text"/> kW
Pyrokjel	
<input type="text"/> kW	

Figur 16: Celler der en skal taste inn motorenes størrelse i arket INNDATA.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
74									
75									
76									
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									
85									
86									
87									
88									
89									
90									
91									
92									
93									

Driftsprofil

Her skal en oppgi hvordan disse motorene belastes under forskjellige faser av fisket.

	Belastning %	Oljeforbruk per time liter/time	Timer i bruk per døgn Timer
Hovedmotor	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hjelpemotor 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hjelpemotor 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hjelpemotor 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Pyrokjel	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figur 17: Eksempel på celler der en skal gi informasjon om motorenes last, drivstofforbruk og timer i bruk under ulike deler av fiske fra arket INNDATA.

Elektrisk utstyr

Etter å ha behandlet motorene får brukeren spørsmål om de elektriske forbrukerne av energi om bord på fartøyet. Disse er kategorisert etter hvilket formål utstyret hovedsakelig dekker og er en videreføring av oppdelingen benyttet av COWI. Kategoriene består av pumper, lys, kulde, varme, hydraulikk, og annet. Eksempel på skjema for pumper vises i figur 18.

Stad	Utstyr (Navn)	Effekt (kW)	Drifning		Belasting ved ulike driftstilstander				Lastering				
			timer per døgn	%	timer per døgn	%	timer per døgn	%	timer per døgn	%	timer per døgn	%	
Miljø	Hydrofil 1		2	80%									
	Hydrofil 2												
	Drifningspumpe		24	30%	24	30%	24	30%	24	30%	24	30%	
	Slurpump												
	Wasserpumpe												
	Bløtdepumpe strom 1												
	Bløtdepumpe strom 2												
	Kaffepumpe gear 1		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Kaffepumpe gear 2												
	Fiskepumpe 1		2	90%	2	90%	2	90%	2	90%	2	90%	
	Vakumpumpe 2												
	Bløtdepumpe												
	Bløtdepumpe 1												
	Bløtdepumpe 2												
	Bløtdepumpe 3												
	Vannpumpe 1		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 2		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 3		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 4		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 5		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 6		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 7		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 8		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 9		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 10		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 11		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 12		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 13		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 14		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 15		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 16		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 17		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 18		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 19		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 20		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 21		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 22		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 23		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 24		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 25		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 26		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 27		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 28		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 29		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 30		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 31		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 32		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 33		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 34		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 35		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 36		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 37		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 38		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 39		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 40		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 41		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 42		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 43		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 44		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 45		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 46		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 47		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 48		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 49		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 50		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 51		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 52		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 53		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 54		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 55		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 56		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 57		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 58		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 59		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	
	Vannpumpe 60		24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	24	80%	

Figur 18: Eksempel som viser hvordan tabellene der en legger inn informasjon om det elektriske utstyret ser ut. Fra arket INNDATA.

Under hver overskrift er et diagram der det skal testes inn en betegnelse på de komponentene av det elektriske utstyret som hører med. Her skal man også taste inn makseffekten til utstyret, hvilken belastning det kjøres på under de ulike tilstandene og hvor lenge det i gjennomsnitt kjøres per døgn under de ulike driftstilstandene. Disse parametrene er tatt med ettersom det kan tenkes at ikke alt utstyret kjøres kontinuerlig i hver enkelt fase og at belastningen på utstyret kan variere i de ulike fasene av fisket.

Ettersom det kan være vanskelig å ha god oversikt over den totale mengden utstyr om bord og hvor mye komponentene kjøres er det også lagt inn forslag på hvilket utstyr som kan være om bord og hva som kan være normal drift av utstyret. Disse forslagene er konstruert ved hjelp av en av ingeniørene som installerte loggesystemer og analyserte loggerdata under COWI sin detaljkartlegging av autolinefartøyene. Mengden utstyr som er inkludert i eksempelet er imidlertid ganske omfattende. I de aller fleste tilfeller er det den totale effekten og belastningen av utstyret som er mest interessant, ikke detaljert informasjon om hver enkelt komponent. Eksempelskjemaet er likevel satt opp såpass detaljert da dette kan være ønskelig hos potensielle brukere av verktøyet.

Drivstofforbruk til fremdrift og til drift av generatorer

Til sist i arket INNDATA er det en del spørsmål om de forskjellige motorenes drivstofforbruk ved forskjellig belastninger. Dette er bare interessant dersom hovedmotoren har akselgenerator. Om hovedmotoren ikke har påmontert akselgenerator kan en anta at alt drivstofforbruk i hovedmotor går til fremdrift mens alt drivstofforbruk i hjelpemotorer går til generering av elektrisitet. Om derimot det finnes en akselgenerator på hovedmotoren er det interessant å finne ut hvor mye av effekten som går til fremdrift og hvor mye av effekten som benyttes til å generere elektrisitet, men en trenger da mer detaljert informasjon om de forskjellige motorenes forbruk under forskjellige

belastninger. Disse beregningene blir forklart i noe større detalj under delkapittelet om beregninger nedenfor.

Ettersom ikke motorenes drivstofforbruk per energi levert er like interessant i fraværet av akselgenerator er det lagt inn en kode som gjør at rutene i skjemaet endrer seg etter hvorvidt brukeren av verktøyet har svart ja eller nei på spørsmålet øverst i INNDATA om det er installert akselgenerator. Om brukeren har svart ja vil skjemaet se ut som figur 19 viser.

Hovedmotor

Fyll inn drivstofforbruk ved forskjellige laster. Angi data i gram per kWh.

Last (%)	Drivstofforbruk (g/kWh)
0-10	
10-20	
20-30	
30-40	
50-60	
60-70	
70-80	
80-90	
90-100	

Figur 19: Skjemaet for inntasting av motorens merkeforbruk vil se slik ut om brukeren har svart "Ja" på om det er installert en akselgenerator. Fra arket INNDATA.

Om brukeren har svart nei på spørsmålet om fartøyet har akselgenerator vil skjemaet se ut som i figur 20.

Hovedmotor

Fyll inn drivstofforbruk ved forskjellige laster. Angi data i gram per kWh.

Last (%)	Drivstofforbruk (g/kWh)
0-10	Ikke nødvendig å fylle ut her
10-20	Ikke nødvendig å fylle ut her
20-30	Ikke nødvendig å fylle ut her
30-40	Ikke nødvendig å fylle ut her
50-60	Ikke nødvendig å fylle ut her
60-70	Ikke nødvendig å fylle ut her
70-80	Ikke nødvendig å fylle ut her
80-90	Ikke nødvendig å fylle ut her
90-100	Ikke nødvendig å fylle ut her

NB! Uten akselgenerator på fartøyet er det ikke nødvendig å fylle ut informasjon om drivstofforbruk ved forskjellige laster!

Figur 20: Skjemaet for inntasting av motorens merkeforbruk vil se slik ut om brukeren har svart "Nei" på spørsmålet om det er installert en akselgenerator. Fra arket INNDATA.

Dette varierende utseendet til cellene er oppnådd ved bruk av excelkoder i cellene H-I 680-684 og cellene til høyre for cellene der en skal taste inn merkeforbruket, for eksempel celle E 686.

I celle H-I 680- 684 står det:

```
=HVIS((C33="Ja");"";"NB! Uten akselgenerator på fartøyet er det ikke nødvendig å fylle ut informasjon om drivstofforbruk ved forskjellige laster!")
```

Formel 1: Formel i celle H-I 680-684 i arket INNDATA.

Denne formelen spør om det er oppgitt "ja" i celle C 33, hvilket er cellen der en skal svare ja eller nei på om det finnes akselgenerator på fartøyet. Hvis denne påstanden er sann skal det være blankt i celle H-I 680- 684, det vil si " ". Hvis påstanden ikke er sann skal det stå: "NB! Uten akselgenerator på fartøyet er det ikke nødvendig å fylle ut informasjon om drivstofforbruk ved forskjellige laster!".

I celle E686 og alle andre celler til høyre for cellene der drivstofforbruket skal testes inn er det skrevet formler liknende formel 2:

```
=HVIS(C33="";"";(HVIS(C33="Ja";"";"Ikke nødvendig å fylle ut her")))
```

Formel 2: Formel i celle E686 – E694, M686 – M694, E705 – E713, M705 – M713 i arket INNDATA.

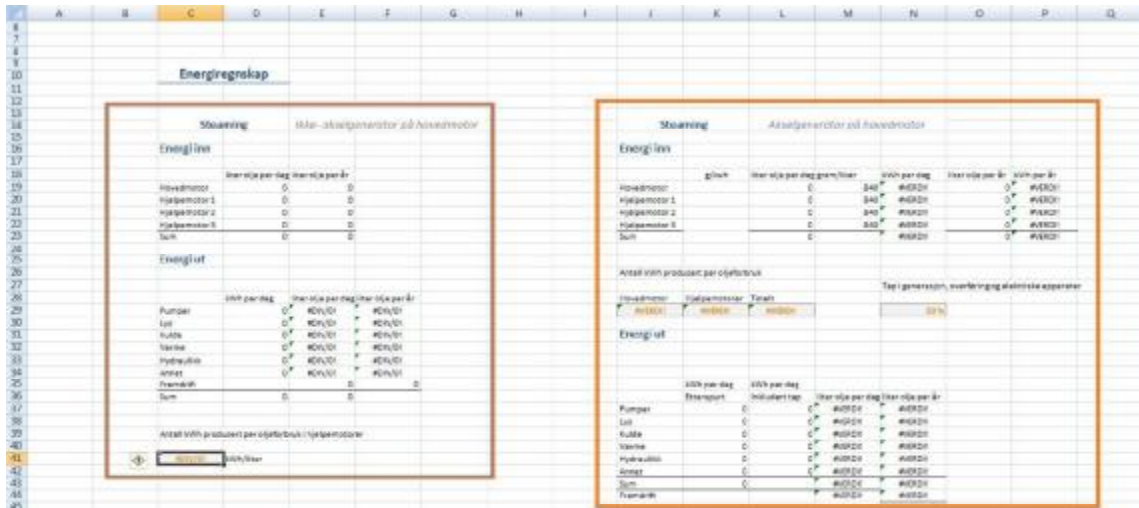
Denne cellen spør dermed om det er tomt i celle C33. Hvis denne påstanden er sann vil alle cellene ved siden av inntastingscellene være tomme. Hvis denne påstanden er usann undersøker cellen om det står "Ja" i celle C33. Dersom det står "Ja" i C33, vil cellene forbli tomme, mens hvis dette ikke er tilfelle vil det stå: "Ikke nødvendig å fylle ut her".

Beregninger knyttet til drivstofforbruk til fremdrift og til drift av hjelpemotorenes elektriske generatorer

De nødvendige beregningene for å kalkulere hvor mye av drivstofforbruket som skyldes fremdrift og hvor mye av drivstofforbruket som går med til å drive de elektriske apparatene er ordnet i et eget ark. Det kreves nemlig noen mellomberegninger som ikke er hensiktsmessig å plassere i verken INNDATA eller UTDATA. Disse beregningene kan sannsynligvis gjøres både mer eller mindre komplisert enn fremgangsmåten som er valgt her, men det er, som tidligere nevnt, blitt gjort et visst kompromiss mellom tidsbruk og nøyaktighet. Dermed er det blitt benyttet to metoder for beregning av drivstofforbruk til fremdrift og til drift av elektrisk utstyr, som grovt sett baserer seg på om det finnes akselgenerator i fartøyet eller ikke.

Figur 21 viser et skjermbilde av arket der mellomregningene gjøres. Med mellomregninger menes at det hentes data fra INNDATA, mens UTDATA henter informasjon til enkelte av sine celler fra dette

arket. Beregningene som er gjort for fartøy uten akselgenerator er lagt til venstre i arket og er merket med en brun firkant i figur 21, mens beregningene som er gjort for fartøy med akselgenerator er lagt til høyre i arket og er merket med en oransje firkant.



Figur 21: I arket Beregninger beregnes andel av drivstoff som går med til fremdrift og til drift av ulikt elektrisk utstyr. Beregningene for fartøy uten akselgenerator er her vist i den brune firkanten mens beregningene gjort for fartøy med akselgenerator er markert med en oransje firkant.

Arket er bygd opp ved at beregningene først og fremst er delt etter om fartøyet er med eller uten akselgenerator, og deretter er arket delt opp etter "Energii inn" og "Energii ut" for de ulike driftstilstandene. Under "Energii inn" hentes drivstofforbruket i de forskjellige motorene, mens dette forbruket fordeles over de forskjellige utstyrsgroperne i "Energii ut" ved hjelp av et beregnet tall for drivstofforbruk per energi levert.

Fartøy uten akselgenerator

Når fartøyet ikke har akselgenerator kan en regne med at hovedmotoren utelukkende benyttes til fremdrift, mens fartøyets hjelpemotorer utelukkende brukes til å generere strøm via sine elektriske generatorer.

Under overskriften "Energii inn" hentes dermed informasjon om drivstofforbruk i motorer under ulike driftstilstander. Dette gjøres ved at cellene er koplet til arket INNDATA slik som formlene under viser:

$$=INNDATA!F84*INNDATA!H84$$

Formel 3: Formel i celle D19 i arket Beregninger

$$=INNDATA!F84*INNDATA!H84*INNDATA!C16$$

Formel 4: Formel i celle E19 i arket Beregninger

Celle D19, som skal gi hovedmotorens daglige drivstofforbruk i steaming, inneholder en formel som henter informasjon fra celle F84 i arket INNDATA om det timelige drivstofforbruket til hovedmotoren under steaming og multipliserer dette med antall timer motoren er i bruk per dag fra celle H84. Denne prosedyren gjøres for alle motorer og alle driftstilstander videre nedover i arket.

Formelen i celle E19 henter den samme informasjonen som også blir hentet i D19, men siden E19 skal vise det årlige forbruket blir F84 og H84 fra INNDATA også multiplisert med antall dager fartøy er i tilstanden steaming i løpet av året, som blir hentet fra celle C16 under INNDATA. Samme fremgangsmåte er benyttet for alle motorer under alle driftstilstander.

Under overskriften "energi ut" samles informasjon om det elektriske forbruket om bord. Ved å beregne hvor mange kWh som blir forbrukt sammen med hvor mye drivstoff som er forbrent i hjelpemotorene kan en få et tall på hvor mange kWh systemet får ut per liter drivstoff inn. Deretter kan det forskjellige elektriske utstyret tilskrives en gitt del av drivstofforbruket i hjelpemotorene. Dette gjøres ved at cellene til høyre for hver enkelt utstyrgruppe henter tall på det totale elektriske forbruket fra UTDATA. I celle D29, som skal gi pumpeens daglige energiforbruk i steaming, er for eksempel kommandoen:

=UTDATA!K141

Formel 5: Kommando i celle D29 i arket Beregninger

Dette betyr at celle D29 henter verdien som er i celle K141 i arket UTDATA, der K141 er en celle som adderer kWh forbrukt til alle de forskjellige komponentene i gruppen "pumper" om bord. Samme fremgangsmåte benyttes for alle utstyrgrupper under alle driftsformer nedover i skjemaet. Fremdrift er også inkludert i skjemaet, men kWh blir ikke regnet ut for denne da det ikke regnes som relevant i denne sammenhengen.

I celle C41 beregnes dermed en koeffisient som skal gi elektrisk energi tilgjengelig per drivstofforbruk i hjelpemotorer for tilstanden steaming. Denne beregnes ved følgende formel:

=D36/(D23-D19)

Formel 6: Formel i celle C41 i arket Beregninger

Celle D36 gir summen av totalt antall kWh forbrukt i det elektriske anlegget. Dette divideres med summen av drivstofforbruket til hjelpemotorene, som er funnet ved å trekke hovedmotorens drivstofforbruk, D19, fra det totale drivstofforbruket, D23.

Med koeffisienten i celle C41 kan man omforme kWh til antall liter drivstoff forbrent og dermed finne hvilket drivstofforbruk de forskjellige utstyrsguppene står for. Dette gjøres ved at cellene til høyre for de som viser det elektriske forbruket inneholder en formel slik som denne:

=D29/C41

Formel 7: Formel i celle E29 i arket Beregninger

Denne formelen sørger for at den elektriske energien, gitt som kWh i celle D29, i tilstanden steaming divideres med koeffisienten som gir elektriske kWh per drivstofforbruk, i celle C41. Slik får man et estimat av drivstofforbruk relatert til bruk av ulikt utstyr. I cellen E29, gjengitt ovenfor, betyr dette at man får et tall på hvilket drivstofforbruk en kan tilskrive pumpene i driftstilstanden steaming.

Tilsvarende metode er benyttet for alle utstyrsgupper under alle driftsmoduser.

I cellene til høyre for de som angir døgnlig drivstofforbruk er det celler som estimerer det årlige drivstofforbruket. Dette finnes ved at cellen som viser drivstofforbruk per døgn multipliseres med antall døgn fartøyet er i den gitte driftstilstanden. Denne informasjonen hentes fra INNDATA og for eksempel for pumper finnes det årlige drivstofforbruket under steaming med følgende kommando:

=E29*INNDATA!C16

Formel 8: Formel i celle F29 i arket Beregninger

I formel 8 gir E29 tall på antall liter drivstoff forbrukt til drift av pumpene per døgn under steaming, mens C16 i INNDATA angir antall døgn fartøyet tilbringer i tilstanden steaming.

Nederst i tabellen for "energi ut" er det døgnlige og årlige drivstofforbruket for fremdrift inkludert. Dette hentes fra hovedmotorens drivstofforbruk med disse kommandoene:

=D19

Formel 9: Formel i celle E35 i arket Beregninger

=E35*INNDATA!C16

Formel 10: Formel i celle F35 i arket Beregninger

Der D19 er døgnlig drivstofforbruk i hovedmotor under steaming mens celle C16 i INNDATA er antall døgn med steaming.

Etter at fremgangsmåtene over er repetert for driftsmodusene steaming, sette line, hale line, steaming med last og levering oppsummeres drivstofforbruket i en tabell under overskriften "Årlig forbruk- ikke akselgenerator"

Her er det satt opp et skjema som skal oppsummere det totale årlige drivstofforbruket. Dette fordeler utstyrsgruppene vertikalt med fremdrift, pumper, lys, kulde, varme, hydraulikk og annet, mens driftsprofilene er fordelt horisontalt på steaming, sette line, hale line og levering. I cellene under er dermed de korresponderende drivstofforbrukene for hver enkelt utstyrsgruppe under hver enkelt drifttype hentet inn fra skjemaene oppover i arket. For eksempel vil det for pumper, under fremdrift, i celle C190 stå kommandoen:

=F29

Formel 11: Kommando i celle C188 i arket Beregninger

F29 gir, slik det også ble forklart ovenfor, estimert årlig drivstofforbruk til drift av pumper under tilstanden steaming. I bunnen av diagrammet og til høyre i diagrammet er cellene summert slik at en kan få oppgitt de totale årlige forbrukene per utstyrsgruppe og per driftstilstand. I celle M188 i enden av raden til fremdrift står det for eksempel:

=C188+E188+G188+I188+K188

Formel 12: Formel i celle M188 i arket Beregninger

Her blir drivstofforbruket benyttet til fremdrift under alle driftstilstandene addert sammen, slik at man får oppgitt den totale årlige drivstoffmengden forbrukt til fremdrift.

På samme måte inneholder for eksempel celle C202 summen av cellene i kolonnen ovenfor og adderer dermed sammen de forskjellige utstyrsgruppenes drivstofforbruk under steaming og gir fartøyets totale årlige drivstofforbruk brukt til steaming av fartøyet:

=C188+C190+C192+C194+C196+C198+C200

Formel 13: Formel i celle C202 i arket Beregninger

Diagrammet som summerer opp de forskjellige utstyrsgruppenes estimerte andel av drivstofforbruket er tilnærmet likt det tilsvarende diagrammet for fartøy med akselgenerator som vises i figur 22.

Fartøy med akselgenerator

Med akselgenerator blir, som tidligere nevnt, kalkulasjonene noe mer kompliserte og de kan nok gjøres vesentlig mer nøyaktig enn det gjøres her. Ettersom det også finnes flere måter en akselgenerator kan virke på, alt etter hvilken teknologi som er benyttet og hvilke motorer den samvirker med, er det best å se på følgende beregninger som relativt grove. Et annet aspekt som bidrar til unøyaktigheter er at det er nødvendig å inkludere et estimert tap i fartøyets elektriske nett, generatorer og utstyr. Denne informasjonen er det langt fra sikkert at brukeren av regneverktøyet har forutsetninger for å kunne beregne. Det vil dermed anbefales at videre arbeid med regneverktøyet bør inkludere en mer konkret behandling av drivstofforbruk knyttet til drift av akselgenerator.

For å beregne drivstofforbruket i fartøy med akselgenerator baserer man seg på merkeinformasjon om de forskjellige motorene. Om man vet fabrikant og variant av installerte motorer skal det være mulig å få oppgitt hvilket drivstofforbruk hver motor har i gram per kWh levert på aksling under forskjellig last. Ettersom vi antar at brukeren av regneverktøyet vet omtrentlig hvilken last motorene kjøres på under forskjellige driftstilstander skal det være mulig å beregne antall kWh som totalt blir levert på akslingene. Ved hjelp av informasjon om det elektriske utstyret, samme informasjon som blir gitt i INNDATA, kan en finne ut hvor mye elektrisk energi disse etterspør. Om en legger til et visst tap som vil oppstå i ledningsnett, i produksjon av elektrisitet og i drift av forskjellig utstyr kan en regne seg frem til det totale elektriske forbruket til utstyret i fartøyet. En vil dermed kunne trekke dette forbruket fra den totale energien levert på aksling og anta at resterende energi benyttes til fremdrift.

Under overskriften "Energi inn" for de ulike driftstilstandene er det diagrammer som henter informasjon om motorenes drivstofforbruk under forskjellige laster og omformer dette til antatt kWh levert på aksling. Dette gjøres ved at det for eksempel i celle K19, til høyre for kolonnen som betegner at dette er hovedmotoren og under cellen der det står g/kWh, er lagt inn følgende kommando:

```
=HVIS(OG(INNDATA!D84>0;INNDATA!D84<=0,1);INNDATA!D689;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,1;INNDATA!D84<=0,2);INNDATA!D690;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,2;INNDATA!D84<=0,3);INNDATA!D691;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,3;INNDATA!D84<=0,4);INNDATA!D692;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,4;INNDATA!D84<=0,5);INNDATA!D693;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,5;INNDATA!D84<=0,6);INNDATA!D694;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,6;INNDATA!D84<=0,7);INNDATA!D695;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,7;INNDATA!D84<=0,8);INNDATA!D696;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,8;INNDATA!D84<=0,9);INNDATA!D697;HVIS(OG(INNDATA!D84>0,9;INNDATA!D84<=1);INNDATA!D697;"")))))))))))
```

Formel 14: formel i celle K19 i arket Beregninger.

Denne kommandoen formidler at hvis lasten oppgitt i celle D84 i INNDATA er fra 0 % til og med 10 % skal verdien som står i celle D689 i INNDATA hentes, hvilket er verdien for motorens drivstofforbruk ved en last på mellom 0 og 10 %. Hvis verdien ikke er fra 0 % til og med 10 % undersøker kommandoen om verdien er fra 10 % til og med 20 %. Hvis dette er sant, skal cellen hente verdien som er inntastet for en last større enn 10 % til og med 20 % i merkedata til motoren under INNDATA. På tilsvarende måte fortsetter kommandoen å undersøke helt til den har fått en sann verdi mellom 0 % til og med 100 %, og deretter har hentet den korresponderende merkeverdien.

I kolonne L, cellene til høyre for de som oppgir drivstofforbruket per energi generert på aksling, er det celler som skal oppgi det døgnlige drivstofforbruket i motorene. På samme måte som forklart under avsnittet for motorer uten akselgenerator hentes her drivstofforbruket fra INNDATA ved at det timelige drivstofforbruket for aktuell motor og driftstilstand multipliseres med antall motoren er i bruk.

I kolonne M oppgis massetettheten til drivstoff i gram per liter. Det er her benyttet en omtrentlig verdi på 840 gram per liter, som er en verdi funnet på Teknisk Ukeblad sine hjemmesider[47].

Når en har merketall for antall gram brennstoff forbrent per kWh mekanisk energi, antall liter drivstoff forbrent per døgn og massetettheten til drivstoffet er det mulig å beregne antall kWh levert på aksling i løpet av ett døgn på følgende måte:

$$=(M19*L19)/K19$$

Formel 15: Formel i celle N19 i arket Beregninger

Formelen henter massetettheten til olja, M19, multipliserer denne med volumet av forbrent drivstoff i løpet av ett døgn, L19, og dividerer produktet med antall gram drivstoff forbrent per kWh levert, K19, slik at en står igjen med antall kWh levert i løpet av døgnet.

I de to neste kolonnene av diagrammet er deretter det årlige drivstofforbruket og årlig mekanisk kWh levert estimert ved å multiplisere døgnlige drivstofforbruk og døgnlige kWh levert med antall døgn av gitt driftstilstand i løpet av året. Denne utregningen er meget lik den som ble utført for fartøy uten akselgenerator og repeteres ikke her. Videre blir beregningene forklart ovenfor utført for samtlige motorer under samtlige driftstilstander.

Noen rader under diagrammet benevnt "Energi inn" beregnes koeffisienter for antall kWh levert per drivstofforbruk. Disse er fordelt på drivstoff forbrent i hovedmotoren, drivstoff forbrent i hjelpemotorene og totalt for hele motorparken. Disse tallene er oppnådd ved at en tar summen av

kWh levert fra gitte motorer og deler dette på korresponderende drivstofforbruk. Totalen for samtlige motorer er for eksempel beregnet ifølge formel 16:

$$=N23/L23$$

Formel 16: Formel i celle L29 fra arket Beregninger

Her er N23 summen av antall kWh levert av samtlige motorer under steaming mens L23 er summen av drivstofforbruket til samtlige motorer.

Et par kolonner til høyre for det beregnede antall kWh levert per liter drivstoff er tapet i det elektriske utstyret hentet fra celle C680 i INNDATA. Dette skal benyttes videre i tabellen for "energi ut". I kalkulatoren er det allerede oppgitt et tap på 20 %. Dette er et grovt tall som ganske sannsynlig er feil og må betraktes som en av kalkulatorens potensielle svakheter. Til gjengjeld må det påpekes at brukeren selv har mulighet til å endre dette tallet etter eget ønske i INNDATA. Det kan også nevnes at tapet på 20 % baserer seg på en løs antakelse om at generatoren omformer 90 % av mekanisk kWh til elektrisitet, at 95 % av elektrisiteten deretter kommer frem til de elektriske komponentene og at det elektriske utstyret i gjennomsnitt har en virkningsgrad på 95 %. Regnestykket blir da som følger:

$$90\% \times 95\% \times 95\% = 81\% \sim 80\%$$

At 80 % av den mekaniske energien levert på aksling dukker opp igjen på andre siden av de elektriske apparatene kan sammenliknes med at systemet har et tap på 20 %.

I diagrammet som befinner seg under overskriften "Energi ut" blir nok en gang de ulike utstyrsgruppenes elektriske behov listet opp. På samme måte som for fartøy uten akselgenerator hentes disse tallene fra INNDATA, og er basert på den oppgitte effekten, lasten og operasjonstiden som er oppgitt.

Ettersom antall kWh levert i det elektriske utstyret ikke er det samme som antall kWh levert på aksling, er det nødvendig å legge til et tap i det elektriske utstyret for å finne hvor mange mekaniske kWh som trengs. I tabellene gjøres dette på følgende måte:

$$=K37*(1+N29)$$

Formel 17: Formel i celle L37 i arket Beregninger

Formel 17 gir det elektriske forbruket for pumpene under steaming, K37, medregnet det prosentvise tapet i det elektriske utstyret, N29, og er dermed et estimat på behovet for antall mekaniske kWh levert på aksling.

I neste kolonne, kolonne M, under "Energi ut" beregnes drivstofforbruket assosiert med hver enkelt utstyrsguppe under de ulike driftstilstandene. Dette gjøres ved at totalt behov for mekanisk energi, der tap er addert til behovet for elektrisk energi levert, divideres med koeffisienten som angir levert energi på aksling per drivstofforbruk. Eksempel på dette vises i formel 18, der det estimerte drivstofforbruket for pumpene under steaming beregnes ved å ta totalt assosiert energibehov for pumper under steaming, L37, og dividerer dette med estimert leverte kWh per drivstofforbruk under steaming, L29.

$$=L37/L29$$

Formel 18: Formel i celle M 37 i arket Beregninger

Det årlige forbruket estimeres i kolonnen til høyre for det døgnlige forbruket og finnes ved at det døgnlige drivstofforbruket multipliseres med antall døgn i aktuell driftstilstand. Formler for hvordan dette gjøres er allerede vist tidligere og blir ikke repetert her.

Når beregningene som er beskrevet ovenfor er repetert for alle de ulike driftstilstandene, motorene og utstyrgruppene, oppsummeres de årlige drivstofforbrukene slik en ser i figur 22.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
207		Årlig forbruk- Med Akselgenerator												
208														
209														
210														
211														
212		Framdrift	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter
213														
214		Pumpar	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter
215														
216		Lys	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter
217														
218		Kilde	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter
219														
220		Varme	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter
221														
222		Hydraulikk	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter
223														
224		Annet	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter
225														
226		Sum	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter	ÅVERDI!	liter
227														

Figur 22: Oppsummering av drivstofforbruk for forskjellige utstyrsgupper under ulike typer drift for fartøy med akselgenerator. Fra arket Beregninger.

I likhet med slik det er gjort i tilsvarende tabell for fartøy uten akselgenerator hentes her verdiene i tabellen fra beregningene gjort for relevant utstyrsguppe og driftstilstand i cellene ovenfor i arket. På samme måte som for fartøy uten akselgenerator summeres også endene slik at det totale årlige drivstofforbruket for de forskjellige utstyrsgupper og driftstilstander vises.

Utdata

I arket UTDATA samles beregningene som skal gi et helhetsinntrykk av fartøyet. Her skal brukeren av verktøyet få en oversikt over hvordan drivstofforbruket er fordelt på de ulike motorene, hvilket elektrisk behov de ulike utstyrsguppene har, hvordan estimert drivstofforbruk er fordelt over de

ulike utstyrsguppene og hvilke kostnader som er relatert til de ulike prosessene om bord på skipet. Siden UTDATA er et ark som skal benyttes av brukere av verktøyet har det også vært et visst fokus på det utseendemessige ved arket. Det vil si at det blant annet er lagt inn koder i cellene som medfører at det ikke skal stå noe i en del av de beregnende cellene med mindre det er blitt tastet inn relatert informasjon under INNDATA. Grunnen til dette er at arket vil kunne oppfattes som uoversiktlig før tilstrekkelig med informasjon er inntastet i INNDATA, ettersom det da kommer mye feilmeldinger og betydningsløse tegn i cellene der det finnes ufullstendige kalkulasjoner.

Motorer

UTDATA begynner med en oppsummering av drivstofforbruket i de forskjellige motorene fordelt over de forskjellige driftstilstandene. Slik figur 23 viser finnes det en tabell som oppsummerer drivstofforbrukene per døgn, mens en annen tabell oppsummerer det årlige drivstofforbruket.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

Døgnlig oljeforbruk						
	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Levering	
Hovedmotor	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	
Hjelpemotor 1	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	
Hjelpemotor 2	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	
Hjelpemotor 3	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	
Pyroksjel	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	
Oljeforbruk	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	<input type="text"/> liter/dagn	
Årlig oljeforbruk						
	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Levering	Sum
Hovedmotor	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter
Hjelpemotor 1	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter
Hjelpemotor 2	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter
Hjelpemotor 3	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter
Pyroksjel	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter
Sum	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter	<input type="text"/> liter

Figur 23: Oversikt over de forskjellige motorenes døgnlige og årlige drivstofforbruk fra arket UTDATA.

Drivstofforbruket i de forskjellige motorene er beregnet med informasjon fra seksjonen om drivstofforbruk i motorer i arket INNDATA. Eksempelvis er kommandoen i celle D19, for hovedmotorens drivstofforbruk under steaming, som følger:

```
=HVIS(ELLER(INNDATA!F84=0;ERTOM(INNDATA!F84));"";INNDATA!F84*INNDATA!H84)
```

Formel 19: Kommando i celle D19 i arket UTDATA

Formelen undersøker først om F84, hvilket er det timelige drivstofforbruket for hovedmotoren under steaming, i arket INNDATA er enten tom eller 0. Dette gjøres for å undersøke om utfylling av INNDATA er foretatt. Hvis dette ikke er tilfelle returnerer cellen "", hvilket får den til å fremstå som

tom. Dersom det er utfylt en timeverdi for drivstofforbruket vil denne multipliseres med antall timer maskinen kjører i døgnet og cellen vil da gi det døgnlige forbruket for den gitte motor og driftstilstand.

For å beregne det årlige forbruket i skjemaet som finnes under det døgnlige forbruket er en tilsvarende metode benyttet. Det årlige drivstofforbruket for hovedmotoren under steaming er for eksempel beregnet som følger:

```
=HVIS(ELLER(ERTOM(INNDATA!C16);(D19=0);ERTOM(D19));"";(D19*INNDATA!C16))
```

Formel 20: Kommando i celle D36 i arket UTDATA

Her undersøkes det om enten cellen som oppgir det døgnlige forbruket i tabellen over eller cellen som oppgir antall døgn i steaming under INNDATA er tom eller 0. Hvis dette er tilfelle returnerer cellen "", hvilket får den til å se tom ut. Dersom cellen finner gyldige verdier for det døgnlige forbruket og antall døgn multipliseres disse slik at en får det årlige forbruket. I den nederste raden er det celler som oppsummerer det totale årlige forbruket under forskjellige driftstilstander og i den ytterste kolonnen er det celler som oppsummerer det årlige forbruket i de forskjellige motorene. Bortsett fra at det også i endene er lagt inn hvis-funksjoner er metoden for å addere rader og kolonner beskrevet tidligere og vil ikke bli repetert her.

For å gi perspektiv på drivstofforbruket blir også den prosentvise fordelingen av drivstofforbruk i ulike motorer under ulike driftstilstander gitt som andel av totalt drivstofforbruk over året. Denne informasjonen er samlet i en tabell som er plassert under tabellen som oppsummerer det årlige drivstofforbruket. Cellene er formatert til å gi beregningene i form av prosent og formlene som benyttes i cellene kan eksemplifiseres ved hjelp av formelen for hovedmotorens prosentvise andel av det totale drivstofforbruket:

```
=HVIS(ELLER(ERTOM(INNDATA!C16);(D19=0);ERTOM(D19));"";(D36/N46))
```

Formel 21: Kode i celle D53 i arket UTDATA

Celle D53 undersøker her om fartøyets antall døgn i steaming, fra INNDATA, eller det døgnlige drivstofforbruk enten er null eller ikke utfylt. Hvis de aktuelle verdiene er utfylt, og ikke 0, divideres hovedmotorens totale drivstofforbruk under steaming, D36, med det totale årlige drivstofforbruket, N46, hvilket hentes fra tabellen ovenfor. I endene av diagrammet summeres igjen rader og kolonner slik at en får se hvilken prosentvis andel hver motor og driftstilstand har av totalt drivstofforbruk.

For ytterligere å få et perspektiv på hva slags størrelser drivstofforbruket representerer er de relaterte drivstoffkostnadene også regnet ut basert på drivstoffprisen oppgitt i INNDATA. Som en ser av påfølgende eksempel, som også omhandler hovedmotorens drivstofforbruk under steaming, er de benyttede formlene bygd opp på samme måte som formel 21. Eneste forskjeller er at i stedet for å dele aktuelt drivstofforbruk med totalt drivstofforbruk så multipliseres aktuelt drivstofforbruk med drivstoffprisen fra INNDATA:

```
=HVIS(ELLER(ERTOM(INNDATA!C16);(D19=0);ERTOM(D19));"";(D36*INNDATA!C28))
```

Formel 22: Formel i celle D70 i arket UTDATA

I endene av diagrammet som angir kronebeløpene relatert til drivstofforbruket er det også celler som summerer rader og kolonner slik at en kan se hva slags totalsum som brukes på de ulike driftstilstandene og motorene.

Det er ikke figurer i teksten som viser oppsett av tabellene for prosentvis andel av totalt drivstofforbruk og pengebeløp relatert til drivstofforbrukene ettersom disse tabellene er svært like tabellen som vises nederst i figur 23.

Forbruk i elektrisk utstyr

Etter at drivstofforbruket i de forskjellige motorene er systematisert har en anledning til å se det estimerte effektbehovet, forbruket av kWh og estimert drivstofforbruk til drift av de elektriske komponentene som ble inntastet i INNDATA. Disse listes opp i tabeller og er nok en gang oppdelt under overskrifter som tilsvarer gruppen de representerer i form av pumper, lys, kulde, varme hydraulikk og annet. Nederst i hver tabell summeres verdiene for hver gruppe. Siden det var et poeng at brukeren av verktøyet selv skulle kunne velge hvor nøye man ville taste inn de elektriske komponentene får brukeren her de relaterte drivstofforbrukerne med samme nøyaktighet på komponentene som ble benyttet i INNDATA. Hver rad representerer en rad fra tabellene under INNDATA. Her hentes navn og lokasjon på den elektriske komponenten som ble inntastet i INNDATA og effekt og last blir dermed multiplisert for å få effektbehov. Effektbehov blir deretter multiplisert med antall timer utstyret er i bruk per døgn i aktuell driftstilstand. Når man har antall kWh per døgn divideres dette igjen med koeffisienten som relaterer antall kWh med antall liter forbrent drivstoff slik at en får drivstofforbruk per utstyr per døgn i aktuell driftstilstand. For å gi eksempler på hvordan dette er gjort skal formlene beskrives for første rad av diagrammet til pumpene og for driftstilstanden steaming. Skjermbilde fra diagrammet til pumpene er gjengitt i figur 24.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
93																	
94		Pumper															
95																	
96																	
97																	
98																	
99																	
100																	
101																	
102																	
103																	
104	Maskin	Enhet (Navn)	Effektbehov ved ulike driftstilstander (kW)				Energibehov (kWh/dagr)				Estimert Oj (behov) (l/dagr)						
105			Steaming	Setting line	Waiting line	Steaming med to Loading	Steaming	Setting line	Waiting line	Steaming med to Loading	Steaming	Setting line	Waiting line	Steaming med to			
106		Hydrofor 1															
107		Hydrofor 2															
108		Gåvorpumpe															
109		Mannpumpe															
110		Reolpumpe															
111		Reolpumpe skru 1															
112		Reolpumpe skru 2															
113		Reolpumpe skru 3															
114		Reolpumpe skru 4															
115		Reolpumpe skru 5															
116		Reolpumpe skru 6															
117		Reolpumpe skru 7															
118		Reolpumpe skru 8															
119		Reolpumpe skru 9															

Figur 24: Diagrammet som gjengir estimat av effekt, energi og drivstofforbruk for pumpene under de forskjellige driftstilstandene, fra arket UTDATA.

I celle C104, som skal gjengi sted for det elektriske utstyret, står det i første rad følgende formel:

=HVIS(ERTOM(INNDATA!C148);"";INNDATA!C148)

Formel 23: Formel i celle C104 i arket UTDATA

Formel 23 sier at hvis cellen i INNDATA som angir betegnelse på plassering av utstyret er tom, i dette tilfellet C148, skal også celle C104 fremstå som tom. Hvis derimot C148 i INNDATA inneholder en betegnelse, skal denne gjengis. Som man ser av figur 24 står det "Maskin" i celle C148 i INNDATA, slik at dette blir gjengitt i celle C104 i UTDATA.

På tilsvarende måte står følgende formel under kolonnen for Enhet (Navn):

=HVIS(ERTOM(INNDATA!D147);"";INNDATA!D147)

Formel 24: Formel i celle D-E 104 i arket UTDATA.

Formel 24 sier at hvis cellen der betegnelsen på komponenten som skal analyseres i INNDATA er tom skal også korresponderende celle i UTDATA fremstå som tom. Hvis derimot cellen finner en betegnelse i INNDATA, skal dette gjengis til UTDATA.

Effektbehovet for de ulike tilstandene er regnet ut slik eksempelet under viser:

=HVIS(ERTOM(INNDATA!F148);"";INNDATA!H148*INNDATA!F148)

Formel 25: Formel i celle F104 i arket UTDATA.

I formel 25 undersøkes det først om cellen som angir makseffekt for radens elektriske komponent i INNDATA er tom, hvis så er tilfelle vil også cellen i UTDATA være tom. Hvis ikke vil cellen hente lasten

og makseffekten fra INNDATA og multiplisere disse slik at en står igjen med den faktiske effekten utstyret kjøres på.

I kolonnene ved siden av finner man det estimerte forbruket av energi i ulike driftstilstander, for enkelthetsskyld gitt i kWh. Dette er en kommet frem til på følgende måte:

```
=HVIS(ERTOM(INNDATA!F148);"";F104*INNDATA!G148)
```

Formel 26: formel i celle K72 i arket UTDATA.

Nok en gang undersøkes det først om cellen som angir det relevante utstyrets effekt i INNDATA er tom. Om det er fylt ut en verdi for effekten vil deretter den estimerte effekten ved gjeldende belastnin multipliseres med antall timer utstyret kjøres i gitt driftstilstand. Dette vil gi en verdi for forbrukt antall kWh.

Ettersom det er gjort utregninger for antall kWh produsert per drivstofforbruk i arket beregninger kan en ved hjelp av disse finne det estimerte drivstofforbruket per elektrisk komponent ved følgende formel:

```
=HVIS(ERTOM(INNDATA!F148);"";HVIS(INNDATA!C33="Ja";(UTDATA!K104/Beregninger!L29);(UTDAT  
A!K104/Beregninger!C41)))
```

Formel 27: formel i celle P104 i arket UTDATA.

Denne formelen inneholder to "hvis"- kommandoer, der den første nok en gang undersøker om det er utfylt en verdi for effekten til det spesifikke utstyret. Hvis det er tilfelle at effekten er utfylt undersøker neste "hvis"- kommando om det er angitt at fartøyet har installert akselgenerator eller ikke. Hvis det er installert akselgenerator henter formelen koeffisienten funnet i beregninger for fartøy som har akselgenerator og dividerer det døgnlige behovet for kWh med denne. Hvis det i INNDATA ikke er svart ja på spørsmålet om at det er installert akselgenerator divideres det etterspurte behovet for kWh med koeffisienten som beregner drivstofforbruk per kWh for fartøy uten akselgenerator. Siden nevnte koeffisienten varierer med last varierer formlene noe for de forskjellige driftstilstandene ettersom også koeffisienten hentes fra forskjellige deler av arket for beregninger. (NB: Forfatteren har notert seg at det også her burde blitt tatt hensyn til tap mellom forbrukt elektrisk energi i utstyr og mekanisk energi levert på aksling i tilfellet med akselgenerator. Dette ble dessverre oppdaget for sent til at det var tid til å utføre den relativt tidkrevende operasjonen det vil være å legge til tapet i alle formlene i alle rader. Denne feilen har uansett lite å si for resten av regnearket.)

På nederste rad i hver utstyrsguppe summeres det totale estimerte effektbehovet, estimerte energibehovet i kWh og estimerte drivstofforbruket til drift av elektrisk utstyr for hver av tilstandene slik at en får en totalverdi for hver utstyrsguppe. Dette gjøres med en summeringsfunksjon lik den i formel 28:

=SUMMER(F104:F172)

Formel 28: Formel i celle F173 i arket UTDATA

Kalkulasjonene beskrevet ovenfor er gjort for hver rad for hver utstyrsguppe og driftstilstand. Nederst i seksjonen for det elektriske utstyret er det en siste tabell som oppsummerer totalt effektbehov, totalt estimert forbruk av kWh og totalt estimert drivstofforbruk for hver av driftstilstandene der alle utstyrsguppene er lagt sammen. Tabellen er vist i figur 25.

Totalt effektbehov ved ulike tilstander (kW)				Totalt estimert øjeblikkelig behov ved ulike tilstander (l) (døgn)				Totalt energibehov ved ulike tilstander (kWh/døgn)			
Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med la Løvering	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med la Løvering	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med la Løvering
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figur 25: Oppsummering av totalt effektbehov, estimert drivstoffbehov og estimert forbruk av kWh for de ulike tilstandene under UTDATA.

I oppsummeringen for det elektriske utstyret adderes alle summene for de forskjellige utstyrsguppene sammen slik at man får én total for hver driftstilstand. Som eksempel er formelen for totalt effektbehov under steaming vist i formel 29.

=F141+F230+F319+F408+F497+F586

Formel 29: Formel i celle C635

I siste del av arket UTDATA blir drivstofforbruk fordelt på utstyrsgupper og driftstilstander, slik en ser av figur 26. Ganske likt oversikten over drivstofforbruket i motorene, helt øverst i arket, oppsummeres her det døgnlige og årlige forbruket basert på driftstilstand og hvilken funksjon energibruken har hatt. Med funksjon menes igjen oppdelingen: fremdrift, pumper, lys, kulde, varme, hydraulikk og annet. I likhet med slik det ble gjort med motorene forsøkes det også her å gi et forhold til drivstofforbruket ved et par ekstra tabeller som angir utstyrets prosentvise andel av totalt årlig drivstofforbruk under de ulike driftstilstandene og den relaterte drivstoffkostnaden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
647														
648														
649														
650														
651														
652														
653														
654														
655														
656														
657														
658														
659														
660														
661														
662														
663														
664														
665														
666														
667														
668														
669														
670														

Figur 26: Oppsummering av antall liter drivstoff forbrukt per døgn og per år i eksempelfartøyet finnes nederst i arket UTDATA

Tallene i cellene for det døgnlige drivstofforbruket er funnet ved å hente tallet i tilsvarende celle for årlig drivstofforbruk og deretter dividere dette forbruket for antall døgn i relevant driftstilstand, hentet fra INNDATA. Eksempel på dette vises i formel 30, som beregner døgnlige drivstofforbruk brukt til fremdrift under steaming.

=HVISFEIL((D678/INNDATA!C16);"")

Formel 30: Formel i celle D655 i arket UTDATA

Med formelen hvisfeil(..;"") fremstår cellen som tom hvis den på grunn av ufullførte kalkulasjoner ønsker å gi en feilmelding. Om derimot cellen får et konkret tall ved å dividere det årlige drivstofforbruket som går med til fremdrift under steaming, D678, med antall døgn i tilstanden steaming, INNDATA!C16, vil dette tallet gjengis. Alle andre celler i diagrammet har tilsvarende formler.

Det årlige drivstofforbruket hentes fra diagrammene nederst i arket beregninger. Eksempel på hvordan dette gjøres er vist i formel 31, som finner det årlige drivstofforbruket for fremdrift i tilstanden steaming. Der undersøker først formelen om det i INNDATA er spesifisert om fartøyet har akselgenerator eller ikke. Om cellen som angir om det finnes akselgenerator ikke er utfyllt vil celle D678 fremstå som tom. Hvis det er besvart "Ja" på spørsmål om fartøyet har akselgenerator hentes relevant verdi fra skjemaet for fartøy med akselgenerator i arket beregninger, mens hvis det ikke er svart "Ja" vil verdien for fartøy uten akselgenerator hentes.

=HVIS(INNDATA!C33="";";";(HVIS((INNDATA!C33="Ja");Beregninger!C212;Beregninger!C188)))

Formel 31: Formel i celle D678 i arket Beregninger

Den prosentvise andelen hver utstyrgruppe i hver driftstilstand utgjør av det totale årlige drivstofforbruket blir beregnet meget likt slik det også ble gjort for motorene øverst i arket. Som eksempel kan en se på formel 32 som finnes i celle D701 og som skal gi drivstofforbruket under fremdrift som prosent av totalt årlig drivstofforbruk. Der undersøkes det først om det finnes relevante verdier for antall døgn i steaming under INNDATA og om det finnes noe tall på det årlige drivstofforbruket. Deretter blir det årlige drivstofforbruket til fremdrift under steaming hentet fra tabellen ovenfor og dividert med det totale årlige drivstofforbruket.

```
=HVIS(ELLER(ERTOM(INNDATA!C16);(D655=0);ERTOM(D655));"";(D678/N692))
```

Formel 32: Formel i celle D701 i arket UTDATA

For å relatere drivstofforbruket som går med i forskjellige driftstilstander og forskjellige formål med fartøyets drivstofføkonomi er det også her laget en tabell som multipliserer de årlige drivstofforbrukene med drivstoffprisen slik det blir eksemplifisert i formelen under:

```
=HVIS(ELLER(ERTOM(INNDATA!C16);(D655=0);ERTOM(D655));"";(D678*INNDATA!C28))
```

Formel 33: Formel i celle D724 i arket UTDATA

Det vises ikke bilde av tabellene som angir utstyrgruppenes andel av total drivstofforbruk og relatert drivstoffkostnad ettersom disse er meget like tabellen for døgnlige drivstofforbruk, som er vist i figur 26.

Sammenlikning mellom fartøy i datagrunnlag og Eksempelfartøyet

I UTDATA er det beregnet en del nøkkeltall for eksempefartøyets energibruk. Disse kan nå sammenliknes med data som er hentet inn gjennom datagrunnlaget fra EFFEKT. EFFEKT- dataene er samlet under fanene Oljeforbruk- INN og Oljeforbruk- UT. Sammensetningen av disse vil forklares etter å ha gått gjennom arket med sammenlikningen.

I arket Sammenlikning hentes dermed data fra UTDATA om eksempefartøyet som sammenliknes med gjennomsnittsdata fra datagrunnlaget. Hensikten med dette er å gi brukere av eksempefartøyet en innføring i hvordan fartøyets energibruk forholder seg til gjennomsnittdata langs en rekke forskjellige parametere. Dermed vil sammenlikningen fortone seg som en analyse av både eksempefartøyet og gjennomsnittsfartøyet og vil kunne gi indikasjoner på hvor eksempefartøyet har potensial for å forbedre sin energibruk, og på hvilke områder eksempefartøyet allerede gjør det bra.

I arkene vi tidligere har gjennomgått er det blitt lagt relativt stor vekt på å forklare de ulike funksjonene som er benyttet i beregningene. Dette har medført at de fleste funksjoner som blir benyttet allerede er gjennomgått. Derfor skal man i arket Sammenlikninger begrense seg til å

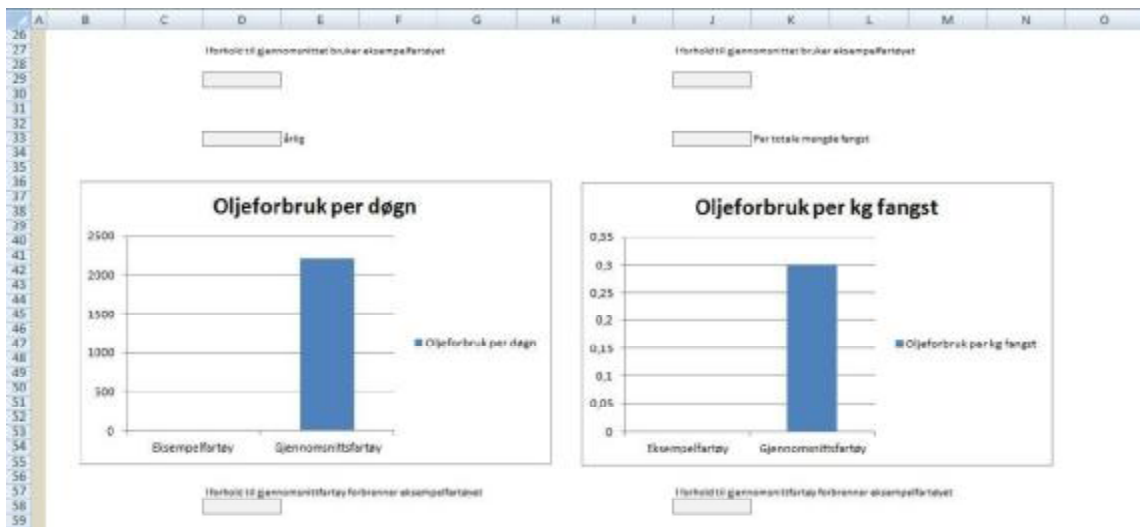
forklare innholdet i celler i detalj til noen få funksjoner i begynnelsen av arket. I resten av teksten er fokuset heller rettet mot cellenes formål, fremfor hvordan beregningene er foretatt.

Generelle opplysninger

Analysen av fartøyene begynner med en sammenlikning av relativt generell informasjon basert på total drivstofforbruk, total årlig tidsbruk og total fangsmengde. Ut fra denne informasjonen beregnes tall for gjennomsnittlig drivstofforbruk per døgn og per kg fangst. Beregningene er ordnet slik en ser av figur 27 og 28.



Figur 27: Døgnlig drivstofforbruk og drivstofforbruk per kg fangst for eksempeffartøy og gjennomsnittsfartøy i arket Sammenlikning



Figur 28: Grafer over døgnlig drivstofforbruk og drivstofforbruk per kg fisk for eksempeffartøy og gjennomsnittsfartøy. Over grafene er det celler som viser forskjell i fartøyenes drivstofforbruk både som antall liter og som antall kroner. Under grafene er det celler som viser eksempeffartøyet's prosentvise forskjell i forhold til gjennomsnittsfartøyet.

Som tidligere antydte henter cellene om eksempeffartøyet informasjon om totalt drivstofforbruk fra UTDATA og dividerer dette med totalt antall døgn og total mengde fisk fra INNDATA. Cellene som beskriver gjennomsnittsfartøyet henter sine verdier fra arket Oljeforbruk- INN. Formlene er gjengitt under:

=HVISFEIL(UTDATA!N46/INNDATA!M16;"")

Formel 34: Formel i celle D18 i arket Sammenlikning

=HVISFEIL(UTDATA!N46/INNDATA!C23;"")

Formel 35: Formel i celle D23 i arket Sammenlikning

='Oljeforbruk- INN'!AG5

Formel 36: Formel i celle J18 i arket Sammenlikning

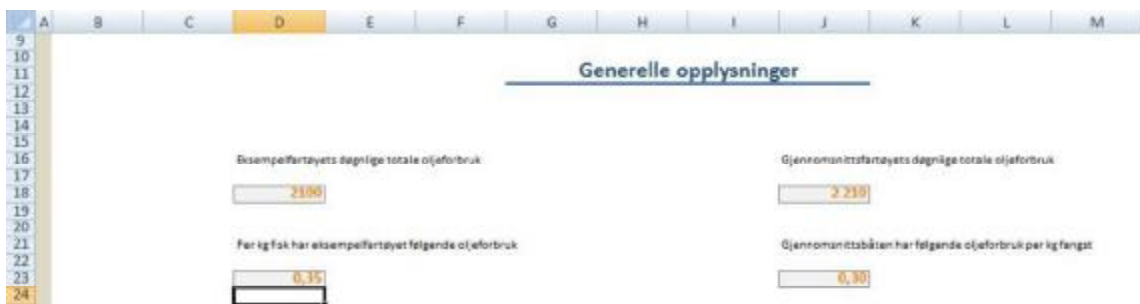
='Oljeforbruk- INN'!DB5

Formel 37: Formel i celle J23 i arket Sammenlikning

Funksjonen "hvisfeil(.. ; ..)" er benyttet i en rekke sammenhenger i arket sammenlikninger for å unngå at det dukker opp feilmeldinger før INNDATA og UTDATA har blitt tilstrekkelig utfylt. Denne kommandoen er altså brukt av rent estetiske hensyn ettersom arket Sammenlikninger skal benyttes av verktøyets brukere.

Under cellene som angir drivstofforbruk per tid og fangst er det celler som sammenlikner fartøyene. Formlene i cellene er gjengitt som formel 38 til formel 43 under. Her subtraheres gjennomsnittsfartøyets verdier fra eksempelfartøyets verdier for å angi en differanse. Differansen blir opphøyet i annen og tatt kvadratroten av for å vise en positiv verdi. For å angi om den faktiske forskjellen er en positiv eller negativ er det innlagt en celle med beskjeder som forteller om en gitt differanse koster eller sparer eksempelfartøyet penger, sammenliknet med gjennomsnittet. Under tekstcellen blir differansen regnet ut i kroner, basert på forskjell i drivstofforbruk i løpet året, og fangsten i løpet av året.

I figur 29 og figur 30 er det inntastet et eksempeldrivstofforbruk per kg fisk og per døgn for å vise hvordan cellene fra figur 27 og figur 28 forandres. Det er også tastet inn en tilfeldig valgt drivstoffpris, driftsprofil og fangstmengde i INNDATA for å generere svarene som vises.



Figur 29: Tilfeldige tall tastet inn for drivstofforbruk per døgn, drivstofforbruk per kg fisk, for døgn i ulike driftstilstander, drivstoffpris og fangsmengde



Figur 30: Eksempel på hvordan cellene endres med de inntastede data som nevnes i figur 29.

Kodene som gir den enkle analysen fra figur 30 er gjengitt nedenfor.

=HVISFEIL(ROT((D18-J18)^2);"")

Formel 38: Formel i celle D29 i arket Sammenlikning

=HVISFEIL(HVIS((D18-J18)>0;"Hvilket koster eksempeffartøyet"; "Hvilket sparer eksempeffartøyet for");"")

Formel 39: Formel i celle D31 i arket Sammenlikning

=HVISFEIL(D29*INNDATA!C28*INNDATA!M16;"")

Formel 40: Formel i celle D33 i arket Sammenlikning

=HVISFEIL(ROT((D23-J23)^2);"")

Formel 41: Formel i celle J29 i arket Sammenlikning

=HVISFEIL(HVIS((D23-J23)>0;"Hvilket koster eksempelfartøyet"; "Hvilket sparer eksempelfartøyet for");""))

Formel 42: Formel i celle J31 i arket Sammenlikning

=HVISFEIL(J29*INNDATA!C23*INNDATA!C28;""))

Formel 43: Formel i celle J33 i arket Sammenlikning

Grafene er lagd ved å velge ulike fartøy langs den vannrette akse og cellene for deres drivstofforbruk langs den loddrette akse.

Den prosentvise forskjellen er beregnet ved å dividere forskjellen i drivstofforbruk mellom fartøyene på drivstofforbruket per døgn og per fangst til gjennomsnittsfartøyet. I celle D58 og J58 er dette gjort slik følgende formler viser:

=HVISFEIL((D29/J18);""))

Formel 44: Formel i celle D58 i arket Sammenlikning

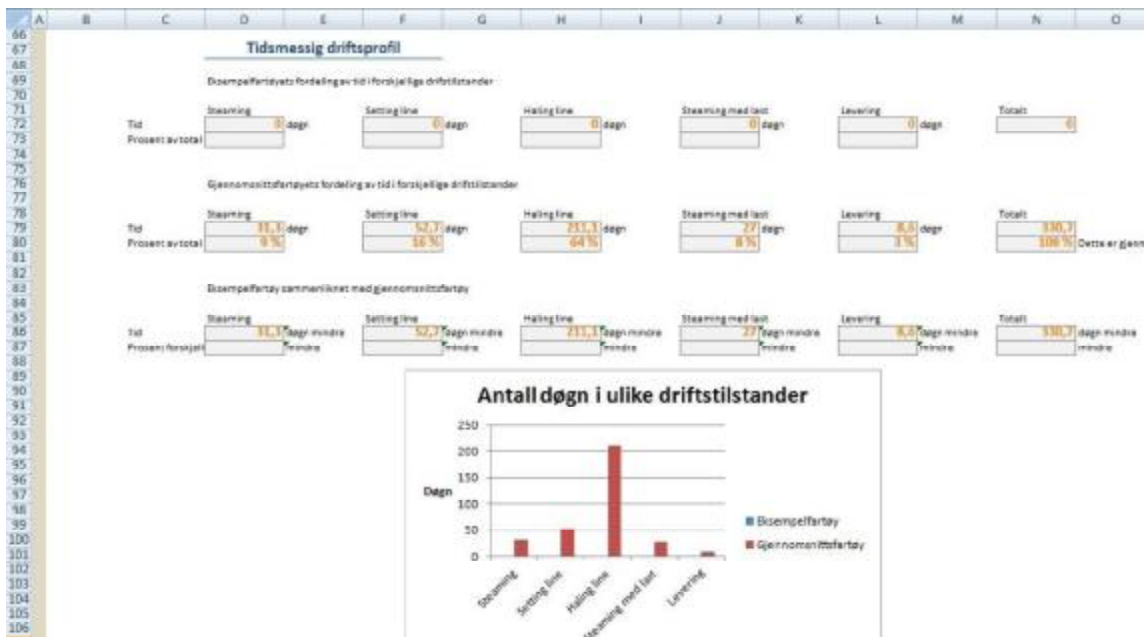
=HVISFEIL((J29/J23);""))

Formel 45: Formel i celle J58 i arket Sammenlikning.

Driftsprofil

Når en har sett på det totale drivstofforbruket og den totale tidsbruken er det hensiktsmessig å fordele tidsbruk og drivstofforbruk på sine respektive driftstilstander for ytterligere å få et bilde av hvilke driftstilstander som driver drivstofforbruket. Etersom forskjellige fartøy i datagrunnlaget ikke nødvendigvis er i bruk like stor andel av året er det hensiktsmessig å fordele drivstoffbruken over antall døgn i hver av de ulike driftstilstandene.

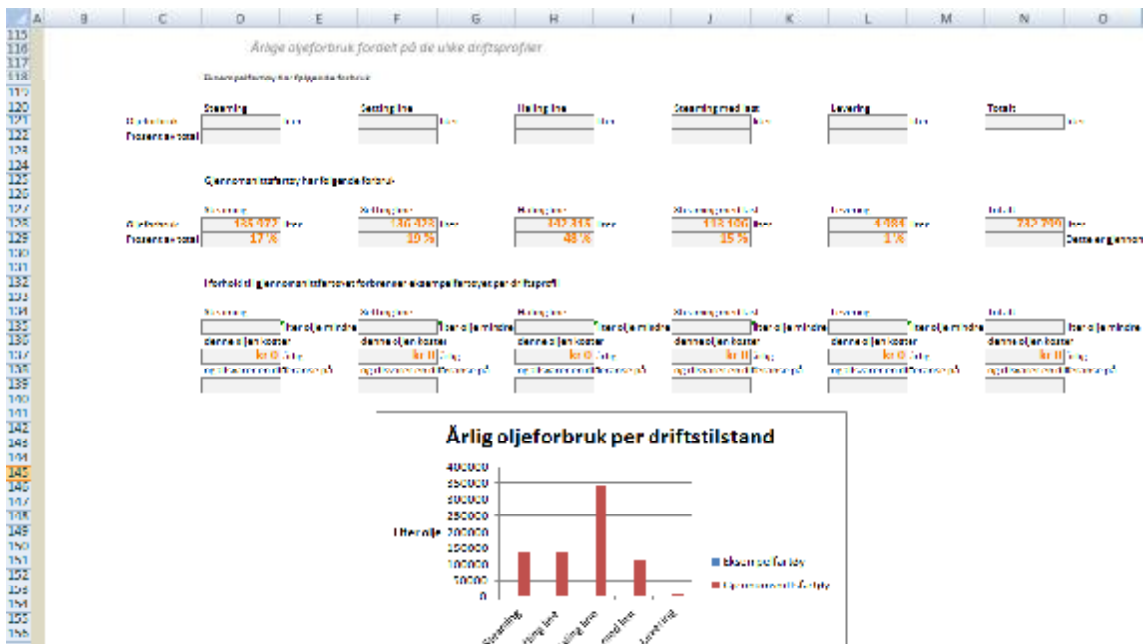
Sammenlikning av driftsprofil for gjennomsnittsfartøy og eksempelfartøy begynner med en fordeling av fartøyenes tidsbruk i forskjellige tilstander. Oppsettet er vist i figur 31 nedenfor.



Figur 31: Celler som kalkulerer og sammenlikner tidsbruk i de forskjellige driftsprofiler for eksemplarfartøy og gjennomsnittsfartøy. Hentet fra arket Sammenlikning.

Data blir hentet fra INNDATA om eksemplarfartøys driftsprofil mens data om gjennomsnittsfartøyet blir hentet fra datagrunnlaget i Oljeforbruk- INN. Deretter er det en rad som angir differansen mellom de to fartøyene i antall døgn og i prosentvis forskjell. For å visualisere er det lagt inn en graf som henter tidsbruken i de forskjellige driftstilstandene fra cellene ovenfor og legger disse langs den horisontale aksene. Langs den vertikale aksene er antall døgn plassert. Ettersom de fleste celler i figuren er satt sammen av funksjoner kommentert tidligere, repeteres ikke innholdet i cellene her.

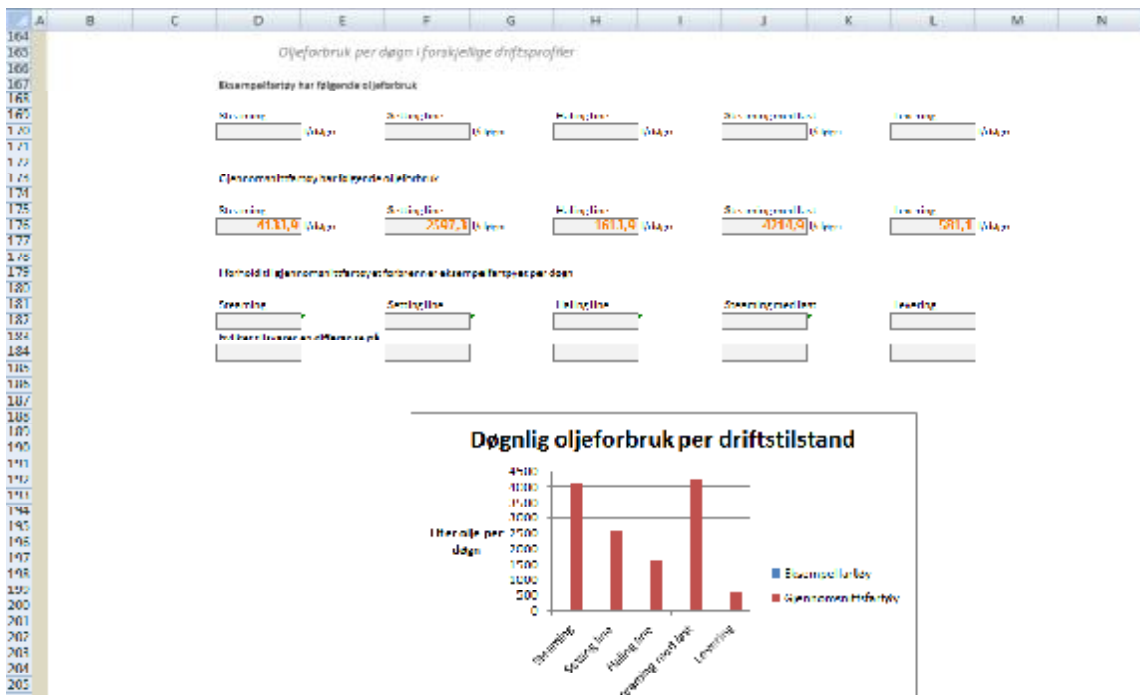
Etter å ha fordelt tidsbruken på de forskjellige driftstilstandene blir det presentert et lignende oppsett som viser hvordan drivstofforbruket er fordelt mellom de forskjellige driftstilstandene. Dette oppsettet er vist i figur 32.



Figur 32: Celler som beregner og sammenlikner drivstofforbruk i de forskjellige driftstilstandene til eksempelfartøy og gjennomsnittsfartøy. Hentet fra arket Sammenlikning.

Denne delen viser og analyserer fordelingen av totalt drivstofforbruk fordelt på de forskjellige driftstilstandene og er i stor grad lik forrige avsnitt, som fordelte tidsbruk på de forskjellige driftstilstandene. Her hentes beregninger for total drivstofforbruk under de forskjellige driftstilstandene fra beregninger i UTDATA, mens totalt drivstofforbruk i forskjellige driftstilstander hos gjennomsnittsfartøyet hentes i beregninger gjort i arket Oljeforbruk- INN. Den litervise og prosentvise forskjellen er funnet på samme måte som den tidsmessige og prosentvise forskjellen i avsnittet over. En forskjell fra avsnittet om tidsbruk er imidlertid at en i dette avsnittet også får oppgitt kostnaden knyttet til forskjellen i drivstofforbruk. Denne er beregnet ved hjelp av differansen i drivstofforbruk mellom de to fartøyene multiplisert med drivstoffprisen angitt i INNDATA. Grafen i figur 32 er satt sammen av driftstilstandene langs den horisontale akse, mens drivstofforbruket vises langs den vertikale akse. Verdiene hentes fra cellene ovenfor og de to fartøyene har hver sin søyle under hver driftstilstand.

Hver driftstilstand inneholder ganske ulike arbeidsoperasjoner med påfølgende ulikt døgnlig energibehov. Dermed er det fornuftig å undersøke de døgnlige drivstofforbrukene til eksempelfartøyet og gjennomsnittsfartøyet under de ulike driftstilstandene. På denne måten kan det justeres for at ulike fartøy tilbringer ulik tid på oppdrag og ulik tid i forskjellige driftstilstander. Denne analysen følger de to foregående avsnittene naturlig og slik en ser av figur 33 er nok en gang oppsettet ganske likt det i figur 31.



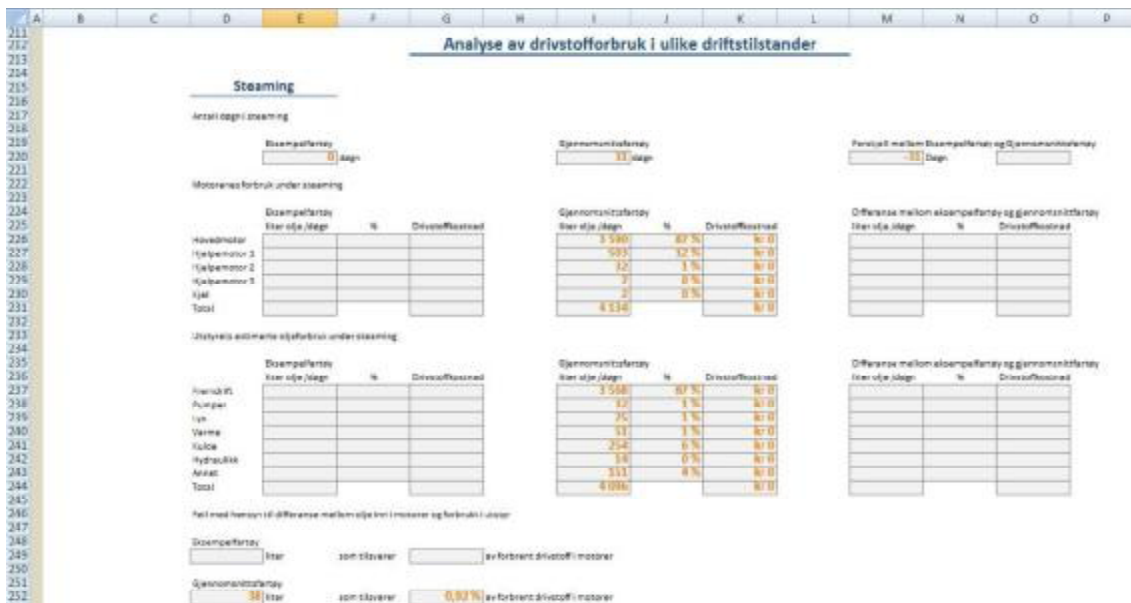
Figur 33: Celler som sammenlikner og analyserer det døgnlige drivstofforbruket til eksemplarfartøy og gjennomsnittsfartøy. Hentet fra arket Sammenlikning.

Utseendemessig er den største forskjellen på seksjonen om døgnlige drivstofforbruk i ulike driftstilstander og seksjonen om tidsbruk i ulike tilstander hovedsakelig at det ikke gir noen mening å angi driftstilstandene i prosent av total når forbruket allerede er fordelt på antall døgn i aktuell driftstilstand. Bortsett fra dette er også her informasjonen om eksemplarfartøyets drivstofforbruk hentet fra UTDATA, mens gjennomsnittsfartøyets oljeforbruk er hentet fra beregninger i Oljeforbruk-INN. Nederst angis den døgnlige differansen i drivstofforbruk og som prosentvis forskjell mellom eksemplarfartøyet og gjennomsnittsfartøyet. Grafen er satt opp på samme måte som grafene i figur 31 og figur 32.

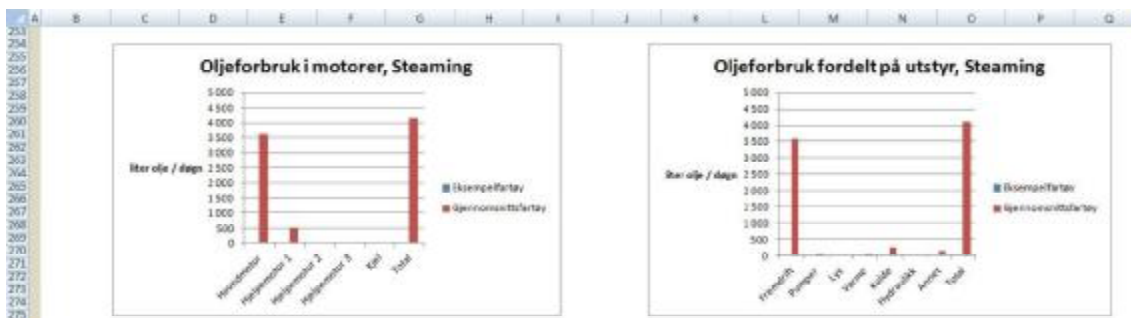
Detaljert drivstofforbruk i ulike driftsprofiler

Etter å ha fått oversikt over tidsbruk og total drivstofforbruk i ulike driftstilstander følger det naturlig å gi en mer detaljert oversikt over drivstofforbrukene i hver enkelt tilstand. På denne måten vil man ha anledning til å legge merke til motorer eller utstyrgrupper som har påfallende høye eller lave døgnlige drivstofforbruk i de ulike tilstandene hos enten eksemplarfartøyet eller gjennomsnittsfartøyet. En detaljert oversikt kan også avsløre om det finnes feil i beregningene, som da kan vise seg som unaturlig høye, eller lave, drivstofforbruk sammenliknet med gjennomsnittsfartøyet eller fartøyets andre energiforbrukere.

Figur 34 og figur 35 viser oppsettet slik det ser ut for den detaljerte analysen av hver enkelt driftstilstand.



Figur 34: Skjermbildet viser et eksempel på oppsettet av analysen av de enkelte driftstilnader, i arket Sammenlikning.



Figur 35: I analysen for hver enkelt driftstilstand er det også grafer som illustrer drivstofforbruket, i arket Sammenlikning.

Hvert avsnitt i den detaljerte analysen begynner med en påminnelse på hvor mange døgn fartøyene har benyttet i gjeldende driftstilstand. Dette gjøres ettersom de påfølgende drivstofforbrukene hovedsakelig benevnes som forbruk per døgn. Dataene hentes fra arkene INNDATA og fra Oljeforbruk- INN. For å forstå relevansen av resultatene beregnes også differansen mellom de to fartøyenes tidsbruk i driftstilstanden. Svaret oppgis både i antall døgn og i prosentvis forskjell mellom Eksempelfartøy og Gjennomsnittsfartøy. Dette kalkuleres basert på dataene hentet i de to foregående cellene.

Deretter undersøkes data om motorenes døgnlige drivstofforbruk. Disse hentes fra samlediagrammene i UTDATA for Eksempelfartøyet og fra Ojeforbruk- INN for Gjennomsnittsfartøyet. De forskjellige motorenes prosentvise andel av det totale døgnlige

drivstoffforbruket vises også og regnes ut basert på de innhentede dataene beskrevet i foregående setning. Drivstoffkostnaden for hver enkelt motor regnes ut basert på motorens drivstoffforbruk og den oppgitte drivstoffprisen fra INNDATA. Differansen som oppgis mellom de to fartøyene er basert på de innhentede dataene knyttet til døgnlige forbruk både når det kommer til drivstoffmengde, prosentvis forskjell og kostnadsmessig forskjell.

Fordelingen av drivstoffforbruk i de forskjellige motorene sier noe om hvor stor andel av drivstoffet som går til fremdrift og hvor stor andel som går til generasjon av elektrisk energi. Dette gjelder spesielt for fartøyene uten akselgenerator, og er noe som skal studeres nærmere i resultater.

Etter å ha undersøkt drivstoffforbruket i motorene finnes det tilsvarende diagrammer som undersøker beregningene over hvilke utstyrsgupper som driver drivstoffforbruket. På samme måte som for motorene er dataene for Eksempelfartøyet hentet fra samlediagrammene i UTDATA, mens Gjennomsnittsfartøyet data hentes fra Energibruk- UT. På samme måte beregnes også hver enkelt utstyrsgruppes prosentvise andel av det totale drivstoffforbruket for hver av de to fartøyene og den relaterte drivstoffkostnaden basert på drivstoffprisen i INNDATA. Også sammenlikningen i de ytterste tre kolonnene utføres på identisk måte som under motorenes drivstoffforbruk.

Under diagrammene illustrerer grafer hvordan drivstoffforbruket fordeler seg på motorer og utstyrsgupper i gitt driftstilstand. Det blir i grafene mulig å visuelt se hvilke motorer som er store forbrukere i hver tilstand og hva dette drivstoffet brukes til. Her kan fartøyene sammenliknes med hverandre i tillegg til at de forskjellige motorene og utstyrsgruppene kan sammenliknes. Grafene henter sine tall fra cellene i diagrammene ovenfor.

Analysen for hver driftsprofil avsluttes ved at differansen mellom beregnet drivstoffforbruk i motorene og beregnet drivstoffbehov for drift av det elektriske utstyret og fremdrift av fartøyet fremstilles. Denne differansen oppgis både som totalt antall liter drivstoff per døgn, i tillegg til hvor stor prosentvis andel dette drivstoffet utgjør sammenliknet med motorenes totale drivstoffforbruk. Dette er ment å fungere som en kvalitetstest på dataene, ettersom en stor differanse mellom drivstoffforbruk inn og drivstoffforbruk ut vil bety at det kan være feil i beregningene.

Analysen for hver enkelt driftstilstand er identisk og foregår slik beskrevet ovenfor. Det vil dermed ikke bli lagt vekt på å gjennomgå de resterende tilstandene.

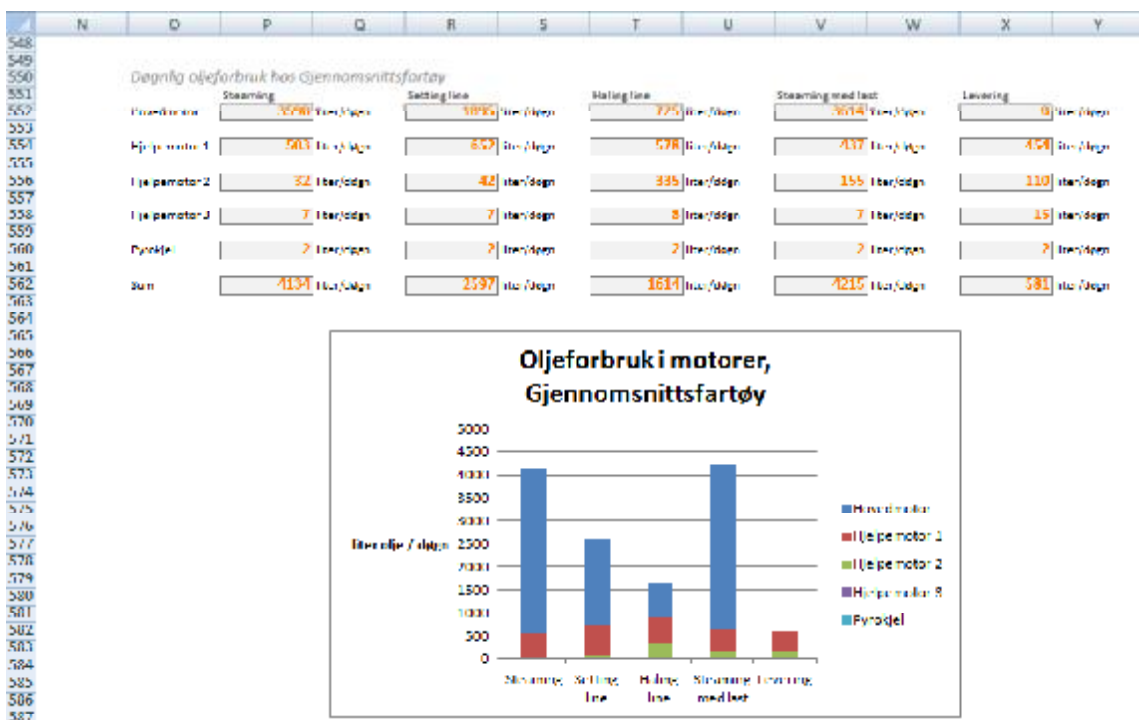
Oppsummering av sammenlikning & analyse

Brukeren av verktøyet har nå fått analysert drivstoffforbruket fordelt både på motorer og utstyr. Verdiene er blitt visualisert og det er beregnet prosentvise differanser og kostnadsforskjeller. En kan dermed anta at brukeren har tilstrekkelig med oversikt over drivstoffforbruket, og hvordan dette er

fordelt på de forskjellige nivåer, til at en kan presentere noen oppsummerende analyser.

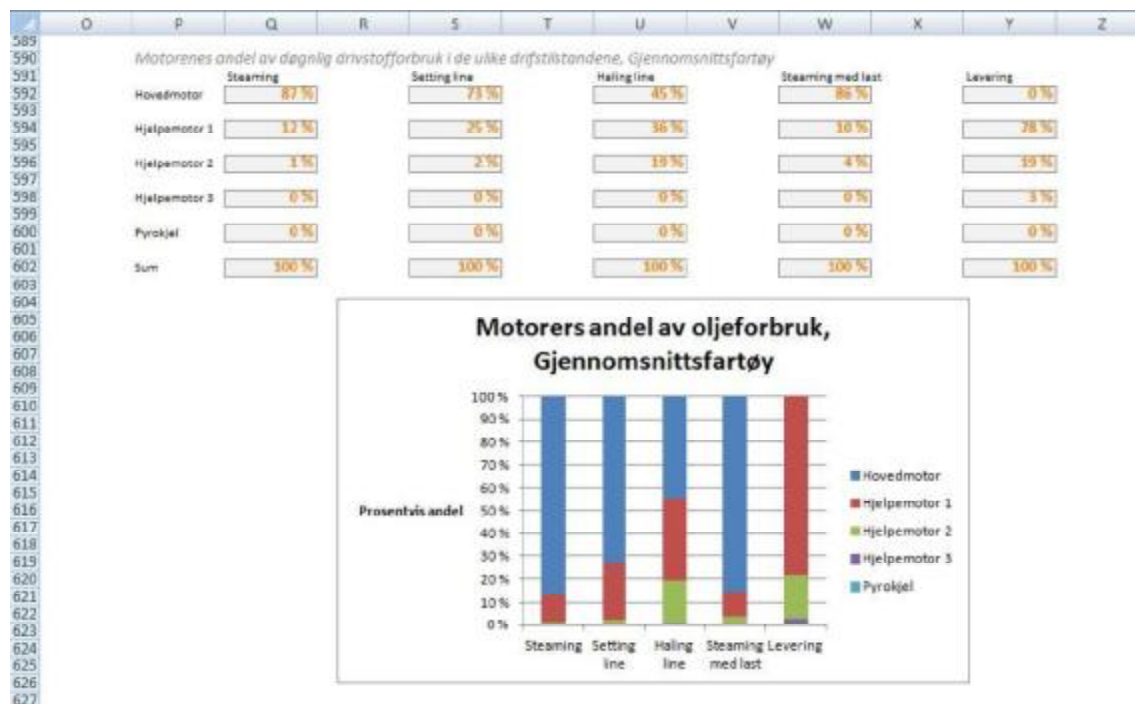
Oppsummeringene inneholder mye informasjon av gangen, i både tabeller og grafer, men dette bør etter den grundige innføringen nå være håndterbart. De fleste tabeller og grafer fortsetter å fordele drivstofforbruk på døgn for å ta høyde for at ikke alle fartøy benytter like mye tid i de forskjellige faser av fisket.

Oppsummeringene begynner med at motorenes drivstofforbruk fordeles i et samleskjema der samtlige driftstilstander er representert. Eksempelfartøyet og gjennomsnittsfartøyet har hver sin tabell og graf, men deres oppsett er identisk. Som eksempel er oppsettet for gjennomsnittsfartøyet vist i figur 36. En får her oversikt over hvor mye drivstoff som forbrukes hvert døgn i de ulike driftstilstandene og hvordan dette fordeles på de ulike motorene. Forbruket er også illustrert i grafer slik at en enklere skal se hvor store de ulike forbrukene er i forhold til hverandre. Aksene på grafene er standardisert slik at en også kan benytte disse til å sammenlikne eksemplarfartøyet med gjennomsnittsfartøyet. Verdien i cellene for eksemplarfartøyet er hentet fra tabellen med tilsvarende utsendet i arket UTDATA, mens verdien i cellene til gjennomsnittsfartøyet er hentet fra de beregnede gjennomsnittsverdiene i arket Oljeforbruk- INN. Grafen henter sine verdier fra tabellene over.



Figur 36: Oppsummering av det døgnlige drivstofforbruket i gjennomsnittsfartøyet motors i forskjellige driftstilstander, både på tabellform og grafisk. Hentet fra arket Sammenlikning.

For ytterligere å gi et inntrykk av hver enkelt motors betydning i de forskjellige driftstilstandene er det nedenfor tabellene og grafene for døgnlige drivstofforbruk fremstilt tabeller og grafer som viser hver enkelt motors prosentvise andel av det totale døgnlige drivstofforbruket i forskjellige driftstilstander. Som eksempel er tabellen og grafen for eksempelfartøyet vist i figur 37. Verdiene i cellene er beregnet på grunnlag av verdiene som ble oppsummert for de døgnlige forbrukene i diagrammet ovenfor og grafen henter sin informasjon fra cellene.



Figur 37: Oppsummering av hver enkelt motors prosentvise andel av det døgnlige drivstofforbruket. Figuren viser tabell og graf for gjennomsnittsfartøy, men tilsvarende finnes også for eksempelfartøy. Hentet fra arket Sammenlikning.

For å sammenlikne de to fartøyene er det lagt inn tabeller som viser forskjellen i døgnlige drivstofforbruk for hver enkelt motor under hver enkelt driftstilstand. En tabell viser forskjellen i døgnlige forbruk i liter per døgn og er vist i figur 38, mens den andre tabellen angir forskjellen som prosent i forhold til gjennomsnittsfartøyets døgnlige forbruk og er vist i figur 39. Verdiene for forskjell i døgnlige drivstofforbruk er beregnet ved å ta differansen mellom eksempelfartøyets og gjennomsnittsfartøyets verdier for hver enkelt celle i de første tabellene i oppsummeringen. Den prosentvise verdien er funnet ved å dividere forskjellen i døgnlige drivstofforbruk med gjennomsnittsfartøyets drivstofforbruk. Cellene er deretter formatert til å vise svar som prosent.

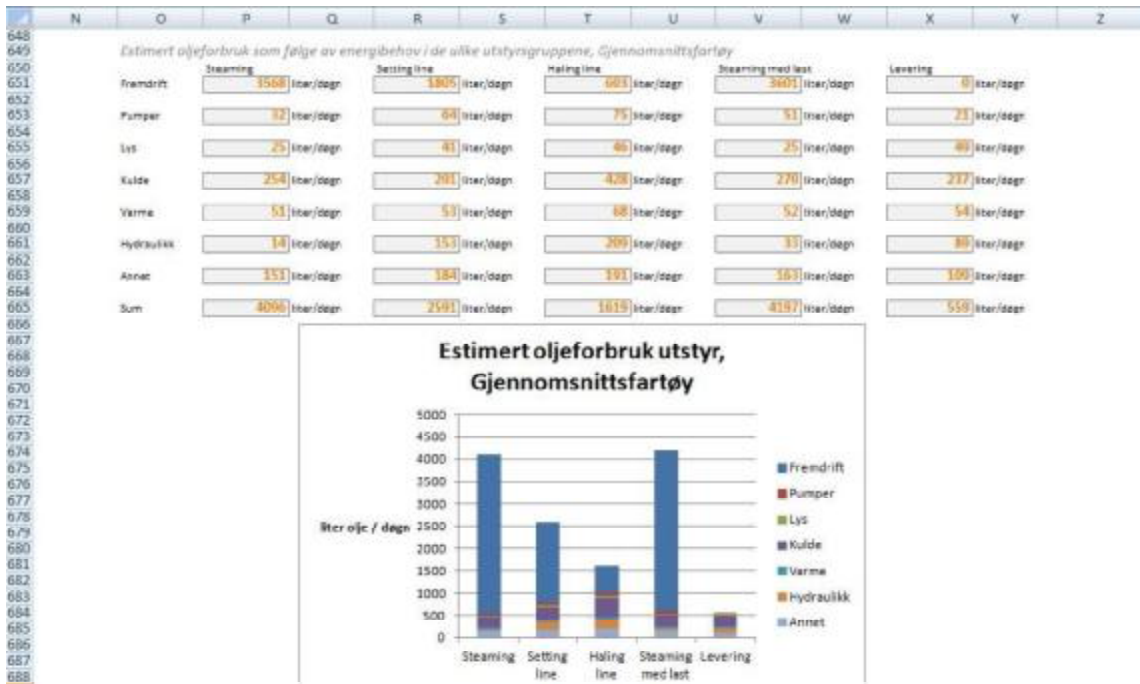
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
628													
629													
630													
631			<i>Litervis forskjell i døgnsvis drivstofforbruk i motorene til Eksempelfartøy i forhold til Gjennomsnittsfartøy</i>										
632		Hovedmotor:	Steaming	litter/døgn	Setting line	litter/døgn	Haling line	litter/døgn	Steaming med last	litter/døgn	Leveling	litter/døgn	
633													
634		Hjelpemotor 1											
635													
636		Hjelpemotor 2											
637													
638		Hjelpemotor 3											
639													
640		Pyrokjel											
641													
642		Sum											
643													

Figur 38: Forskjell i døgnsvis drivstofforbruk mellom eksempelfartøy og gjennomsnittsfartøy for hver enkelt motor under hver enkelt driftstilstand. Fra arket Sammenlikning.

	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
628												
629												
630												
631			<i>Prosentvis forskjell mellom døgnsvis drivstofforbruk i motorene til Eksempelfartøy i forhold til Gjennomsnittsfartøy</i>									
632		Hovedmotor:	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Leveling					
633												
634		Hjelpemotor 1										
635												
636		Hjelpemotor 2										
637												
638		Hjelpemotor 3										
639												
640		Pyrokjel										
641												
642		Sum										
643												

Figur 39: Forskjell i døgnsvis drivstofforbruk, vist i prosentvis forskjell mellom eksempelfartøyet og gjennomsnittsfartøyet. Fra arket Sammenlikning.

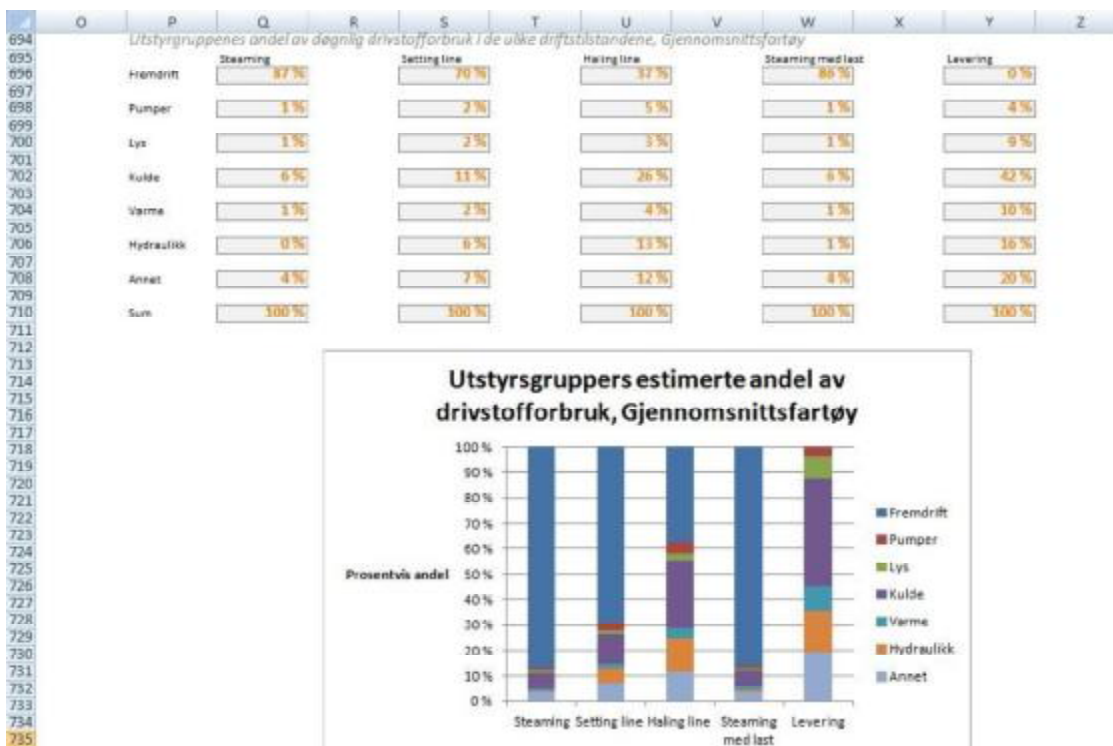
Etter å ha undersøkt forbruket i motorene har man et klarere bilde av drivstofforbruket og det er deretter hensiktsmessig å få en oversikt over hvilke prosesser som forbruker drivstoffet i de forskjellige tilstandene, slik at en også med hensyn til dette kan sammenlikne drivstofforbruket. Oppsettet på tabeller og grafer er meget likt slik det blir fremstilt for motorene og eksempel vises i figur 40.



Figur 40: Estimert døgnlig drivstofforbruk som resultat av de forskjellige utstyrgruppene energibehov under ulike driftstilstander. Grafen og tabellen på bildet viser data for gjennomsnittsfartøyet. Tilsvarende finnes også for eksempelfartøyet. Fra arket Sammenlikning.

Dataene i cellene for eksempelfartøyet blir hentet fra tabellen med samme oppsett i UTDATA, mens data for gjennomsnittsfartøyet blir hentet fra beregning av gjennomsnittet gjort i arket Energibruk-UT. Grafene henter sine verdier fra cellene over.

På samme måte som for motorene er det også fremstilt tabeller og grafer som viser hver enkelt utstyrgruppe sin estimerte andel av døgnlig drivstofforbruk under hver driftstilstand. Den prosentvise andelen er beregnet på grunnlag av dataene i cellene ovenfor som viser det estimerte døgnlige drivstofforbruket. Eksempel vises i figur 41.



Figur 41: Tabell og graf som viser utstyrsgruppenes estimerte andel av det totale døgnlige drivstofforbruket under ulike driftstilstander. Figuren viser tabell og graf for gjennomsnittsfartøyet, tilsvarende finnes også for eksempel fartøyet. Fra arket Sammenlikning.

Hensikten med å undersøke hvilke prosesser som driver drivstofforbruket er at det vil være lettere å komme med forslag til forbedringer og effektivisering av utstyr i de forskjellige driftstilstandene når en ser konkret hvilke utstyrsgupper som fører til forbruk av drivstoff i løpet av fisket.

For å støtte en analyse av eksempel fartøyet i forhold til gjennomsnittsfartøyet vises det nok en gang tabeller som ligner de for motorene og som viser den litervise forskjellen i drivstofforbruk per døgn så vel som den korresponderende prosentvise forskjellen på eksempel fartøyet i forhold til gjennomsnittsfartøyet. Disse tabellene vises i figur 42 og 43. Differansen i liter per døgn for hver enkelt utstyrsguppe og driftstilstand er funnet ved å ta differansen av eksempel fartøyets drivstofforbruk i forhold til gjennomsnittsfartøyets drivstofforbruk. Den prosentvise forskjellen er funnet ved å formatere cellene til å beregne prosenter mens kodene i cellene dividerer den litervise differansen i drivstofforbruk med gjennomsnittsfartøyets døgnlige drivstofforbruk per utstyrsguppe og driftstilstand.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
737													
738													
739													
740													
741			Steaming	litar/døgn	Setting line	litar/døgn	Haling line	litar/døgn	Steaming med last	litar/døgn	Levøring	litar/døgn	
742													
743			Pumper	litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn	
744													
745			Lys	litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn	
746													
747			Kulde	litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn	
748													
749			Varme	litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn	
750													
751			Hydraulikk	litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn	
752													
753			Annat	litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn	
754													
755			Sum	litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn		litar/døgn	
756													
757													

Figur 42: Tabell som viser litervis forskjell i drivstofforbruk per døgn mellom eksempel fartøy og gjennomsnittsfartøy. Fra arket Sammenlikning.

	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
737												
738												
739												
740												
741			Steaming		Setting line		Haling line		Steaming med last		Levøring	
742												
743			Pumper									
744												
745			Lys									
746												
747			Kulde									
748												
749			Varme									
750												
751			Hydraulikk									
752												
753			Annat									
754												
755			Sum									
756												
757												
758												

Figur 43: Tabell som viser den prosentvise differansen i drivstofforbruk per døgn hos eksempel fartøy i forhold til gjennomsnittsfartøy. Fra arket Sammenlikning.

Etter å ha vært gjennom arket Sammenlikning bør brukeren av verktøyet å ha fått oversikt over hva slags drivstofforbruk fartøyet har i de forskjellige driftstilstandene i løpet av et fiske. Vedkommende skal også ha fått en oversikt over hvilke prosesser som driver drivstofforbruket ved hjelp av enkle beregningsmetoder. Ved hjelp av sammenlikninger av det inntastede fartøyet mot gjennomsnittsdata for liknende fartøy skal en kunne få et inntrykk av hvilke områder eksempel fartøyet har et relativt høyt forbruk og hvor drivstofforbruket er relativt lavt. Dette er ment å skulle oppmuntre til videre undersøkelse av både utstyr, bruk av utstyret og tidsbruk i ulike faser av fisket. Regneverktøyet kan på denne måten benyttes til effektivisering ved sammenlikning av data. Dataene skal også kunne brukes til å vurdere implementering av nye teknologier.

Før en går over på resultatdelen av del 1 er det nødvendig å beskrive datagrunnlaget som er blitt benyttet til å konstruere gjennomsnittsfartøyet.

Datagrunnlaget og gjennomsnittsfartøy

Bakgrunns materialet gjennomsnittsfartøyet er basert på er samlet i de tre arkene Oljeforbruk- INN, Oljeforbruk- UT og Driftsprofil- Autoline. Her er data samlet fra et utvalg av fartøyene som ble kartlagt i EFJEKT- programmet og som er relevante for denne oppgaven. Arkene er organisert slik at fartøyene er lagt inn og nummerert i rader nedover, mens et gjennomsnitt beregnes for hver kolonne i den øverste raden. Gjennomsnittet vil på denne måten endres i takt med at nye data legges inn i radene under. Ettersom arkene med datagrunnlag ikke er ment for å bli benyttet av brukere av regneverktøyet er det ikke tatt særlig hensyn til å forklare tall eller tabeller eller gjøre arkene visuelt enkle å forholde seg til. Den eneste fargekoden som er blitt benyttet er at innhentede data er lagt til celler med oransje bakgrunn. Dette er gjort for at det skal være tydelig hva som er inndata og ergo hvilke data som forfatteren av oppgaven selv ikke har funnet, men som er direkte hentet fra regnearkene i EFJEKT- databasen.

Oppsettet er illustrert ved å vise begynnelsen av arket Oljeforbruk- INN i figur 44.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3			Steaming						Sailing							
4		Båt	Hovedmotor	Hjelpemotor 1	Hjelpemotor 2	Hjelpemotor 3	Kjole	Totalt (l/døgn)	Antal dager	Hovedmotor	Hjelpemotor 1	Hjelpemotor 2	Hjelpemotor 3	Kjole	Totalt (l/døgn)	Antal dager
5		Gjennomsnitt	3070,4	303,4	31,7	7	1,7	433,9	31,3	189,8	651,8	42	7	1,7	257,3	31,7
6		Gjennomsnitt %														
7																
8		62 Autoline 1	3030	458	0	0	0	3052	20	2040	296	0	0	0	2736	62
9		63 Autoline 2	2849	512	0	0	0	3078	34	1189	402	0	0	0	1790	52
10		65 Autoline 3	2744	237	31,7	0	0	4278	26	1480	422	*20	0	0	2322	64
11		66 Autoline 4	2616	474	0	0	0	3090	34	1188	704	0	0	0	1862	52
12		67 Autoline 5	6360	720	0	0	0	7680	40	2188	2522	0	0	0	2420	43
13		68 Autoline 6	3940	380	0	30	0	4290	34	2740	0	0	70	0	2810	52
14		69 Autoline 7	3920	462	0	0	0	3982	26	1608	422	0	0	0	2130	39
15		70 Autoline 8	5040	822	0	0	0	6862	21	2400	960	0	0	0	3360	42
16		71 Autoline 9	2520	288	0	0	17	2825	22	2140	276	0	0	17	2732	62
17		72 Autoline 10	3620	568	0	0	0	4188	34	1524	624	0	0	0	2148	52
18																
19																

Figur 44: Inndataene i bakgrunns materialet er organisert ved at fartøyenes driftsdata legges in vertikalt nedover, mens ulike driftstilstander, motorer og utstyrsgupper ligger horisontal bortover. Figur fra arket Oljeforbruk- INN.

Oppbygging av arket Oljeforbruk- INN

Data om motorenes drivstofforbruk er lagt inn i arket Oljeforbruk- INN, som vist i figur 44. Arket er organisert ved at øverste rad, rad 5, består av gjennomsnitt basert på cellene fra rad 8 og helt til bunnen av arket. De forskjellige fartøyene legges inn nedover i arket. Fra kolonne C til kolonne AK er det døgnlige drivstofforbruket for hver motor under ulike driftstilstander inntastet. De to siste kolonnene under hver driftstilstand viser også totalt antall liter drivstoff forbrukt per døgn og antall døgn i gjeldende driftstilstand. I kolonne AL er fartøyenes drivstofforbruk per kilo fisk inntastet. Deretter følger kolonner der de inntastede dataene er noe bearbeidet. Hensikten med bearbeidingen har vært enten å få frem parametere som er av interesse å benytte i arket Sammenlikninger, eller å gi forfatteren en oversikt over hvordan drivstofforbruket fordeler seg. Kolonne AM til kolonne BU viser hver motors andel av det døgnlige drivstofforbruket for hver driftstilstand og hvert fartøy. Kolonne BV til CA viser hvor stor andel av det totale drivstofforbruket hver motor står for i forhold fartøyets

årsforbruk. Kolonne CB til CG viser det totale drivstofforbruket i løpet av et år for hvert fartøy og hver motor. Kolonne CH til CM beregner det gjennomsnittlige drivstofforbruket per døgn for hver motor i løpet av året. Kolonne CN til CS viser hver driftstilstands andel av det totale årlige drivstofforbruket. Kolonne CT til CY viser totalt årlig drivstofforbruk for alle motorer under hver enkelt driftstilstand. Kolonne CZ viser det totale gjennomsnittlige døgnlige drivstofforbruket for hvert fartøy. Kolonne DA viser det totale årlige drivstofforbruket mens kolonne DB viser fartøyenes totale driftstid i løpet av året.

Oppbygging av arket Oljeforbruk- UT

Data om drivstofforbruk relatert til de ulike utstyrsgroppene er lagt inn i arket Oljeforbruk- UT. Dette arket har samme oppsett som Oljeforbruk- INN, slik en ser av figur 45.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3			Steaming								
4		Båt	Fremdrift	Pumper	Lys	Varme	Kulde	Hydraulikk	Annnet	Totalt	Døgn
5		Gjennomsnitt	3568	32	25	51	254	14	151	4096	31
6		Gjennomsnitt %									
7											
8	62	Autoline 1	3096	11	23	28	214	13	163	3548	25
9	63	Autoline 2	2568	63	32	49	231	0	132	3075	34
10	65	Autoline 3	3600	10	28	70	378	8	151	4245	35
11	66	Autoline 4	2616	78	37	50	197	0	10	2988	34
12	67	Autoline 5	6960	51	34	72	380	19	161	7677	49
13	68	Autoline 6	3763	19	16	39	220	18	216	4291	34
14	69	Autoline 7	1920	24	16	72	190	17	156	2395	26
15	70	Autoline 8	5040	41	27	50	310	11	266	5745	21
16	71	Autoline 9	2520	15	11	31	130	44	55	2806	22
17	73	Autoline 10	3600	11	25	44	294	14	202	4190	33
18											
19											

Figur 45: Figuren viser oppsettet i arket Oljeforbruk- UT, ved å vise arkets første rader og kolonner.

I arket Oljeforbruk- UT er drivstofforbrukene tilskrevet de ulike utstyrsgroppene under de ulike driftstilstandene tastet inn i kolonnene C til AU. I de to siste kolonnene for hver driftstilstand er totalt estimert døgnlig drivstofforbruk og antall døgn inntastet. Fra kolonne AV til kolonne CI er den prosentvise andelen av det totale døgnlige drivstofforbruket fordelt over de ulike utstyrsgroppene i de ulike driftstilstandene. Fra kolonne CJ til CR beregnes det døgnlige gjennomsnittlige drivstofforbruket for drift av de ulike utstyrsgroppene i løpet av året. Fra kolonne CS til DA er hver utstyrsgroppes prosentvise andel av det totale årlige drivstofforbruket beregnet. Fra kolonne DB til DJ er det totale drivstofforbruket tilskrevet hver enkelt utstyrgruppe beregnet.

Oppbygging av arket Driftspro il- Autoline

Oppbyggingen av arket Driftsprofil- Autoline ligner i stor grad på de to andre arkene med bakgrunnsdata i form av at fartøyene er arrangert nedover langs radene, mens driftstilstander er arrangerer bortover langs kolonnene. Likevel skiller dette arket seg ut i form av å være vesentlig

mindre omfattende enn de to foregående da det bare tar for seg antall døgn fartøyene tilbringer i hver driftstilstand i løpet av et år. Den eneste bearbeidingen av disse data som finner sted i arket er at det er beregnet hvor stor andel hver driftstilstand utgjør av total årlig driftstid. Oppsettet på arket Driftsprofil- Autoline er vist i figur 46.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1																
2																
3			Antall døgn						Prosentvis avtatt tid							
4		Båt	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med Levering	Totalt	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med Levering	Totalt				
5		Gjennomsnitt	11,1	52,7	211,1	27	2,6	230,7	9%	16%	64%	8%	3%			
6		Gjennomsnitt %	9%	16%	64%	8%	3%									
7																
8		62 Autoline 1	25	66	198	12	9	310	7%	19%	66%	3%	3%	100%		
9		63 Autoline 2	34	52	224	34	10	354	10%	15%	63%	10%	3%	100%		
10		65 Autoline 3	35	64	224	35	7	365	10%	18%	61%	10%	2%	100%		
11		66 Autoline 4	31	52	211	31	10	335	10%	16%	69%	10%	5%	100%		
12		67 Autoline 5	49	43	216	35	7	349	14%	13%	64%	7%	2%	100%		
13		68 Autoline 6	34	51	223	34	10	352	10%	14%	63%	10%	3%	100%		
14		69 Autoline 7	28	39	187	28	10	282	10%	15%	62%	10%	4%	100%		
15		70 Autoline 8	21	45	174	19	5	254	8%	17%	66%	7%	2%	100%		
16		71 Autoline 9	31	64	208	18	8	321	9%	21%	64%	6%	3%	100%		
17		73 Autoline 10	33	50	216	33	10	343	10%	16%	63%	10%	3%	100%		
18																
19																

Figur 46: I arket Driftsprofil- Autoline er data om fartøyenes tidsbruk i de ulike driftstilstander samlet.

Resultater

Oppgavens problemstilling har vært å forsøke å utvikle et regneverktøy som kan automatisere en enkel analyse av drivstofforbruket til fiskefartøy som benytter redskapet autoline. Analysen i verktøyet skulle bestå av en oppdeling og kartlegging av de ulike prosessene som forbruker energi, og dermed drivstoff, i denne typen fartøy og sammenlikne drivstofforbruket med forbruk for tilsvarende fartøy. Det var også ønskelig å undersøke om verktøyet gir relevant informasjon ved å foreta en enkel analyse av datagrunnlaget for et utvalg allerede kartlagte fartøy. I avsnittet Resultater skal derfor regneverktøyet sine egenskaper kort diskuteres. Deretter skal drivstofforbruket til utvalget av fartøy i datagrunnlaget analyseres ved en gjennomgang av arket Sammenlikning fra verktøyet. Dessverre har det ikke lyktes å komme i kontakt med noen med god nok kjennskap til autolinefartøy til å gi en objektiv og relevant tilbakemelding på kalkulatoren. Det er på grunn av dette evalueringen av selve kalkulatoren er relativt kortfattet, men desto mer fokus er rettet mot å benytte kalkulatoren til å foreta en analyse av fartøy i datagrunnlaget.

Regneverktøy

I løpet av arbeidet med oppgaven ble det ferdigstilt et utkast til regneverktøy som tilsynelatende kan benyttes til å kartlegge og analysere drivstofforbruket i autolinefartøy.

Ettersom verktøyet tilsynelatende fungerer som ønsket kan en minimum konkludere med at det skal være mulig å ferdigstille et verktøy som kan automatisere analyser av fiskefartøy. En kan også konkludere med at det skal være mulig å benytte et såpass enkelt og allment program som Microsoft Excel til dette formålet.

Hva som er mer usikkert er om verktøyet som er utviklet i denne oppgaven vil være optimalt for analyse av et faktisk autolinefartøy ettersom det ikke har blitt testet ordentlig og det ikke er blitt undersøkt om parametrene det spørres etter er tilgjengelige for eksempelvis en maskinist eller en potensiell eier av et autolinefartøy. Forfatteren av denne oppgaven og regneverktøyet har nemlig ikke mottatt entydig informasjon om hva det er vanlig å vite om motorer eller elektrisk utstyr om bord på et fiskefartøy. Med dette menes at forfatteren ikke vet om for eksempel det er mulig å angi hvilken last forskjellige motorer og utstyr kjøres på under ulike fiskeoperasjoner og om det er vanlig å vite motorenes drivstofforbruk.

På den annen side er verktøyet bygd opp på en måte som skal gjøre det relativt enkelt å endre enkelte celler til å håndtere annerledes informasjon enn hva som er blitt benyttet i denne oppgaven. Celler kan dermed i ettertid endres til å håndtere annen informasjon om dette skulle være ønskelig. Som nevnt er en av fordelene med å benytte seg av Microsoft Excel, og programmer som behandler regneark, at dette er enkle og brukervennlige verktøy som er lette å sette seg inn i og enkle å endre.

Som anbefaling til videre arbeid med kalkulatoren bør det legges vekt på å teste denne i samarbeid med brukere av autolinefartøy slik at en kan forsikre seg om at informasjon det spørres om i for eksempel INNDATA er informasjon som vites av potensielle brukere av fartøyet. Videre må det bekreftes at celler virker som de skal og gir interessant informasjon når et ukjent fartøys data tastes inn. Det kan også være hensiktsmessig å utvide antall fartøy i datagrunnlaget og finne metoder å gruppere disse på. Deretter vil det være mulig å lage celler som kan kommandere sammenlikningen til å baseres på grupper av fartøy som velges av verktøyets bruker. Dette kan være hensiktsmessig med tanke på å gjøre sammenlikningsgrunnlaget mer likt brukerens eget fartøy, for eksempel med tanke på døgn til havs eller størrelse på fangst.

Videre arbeid kan også inkludere å endre kalkulatoren til å omfatte andre fartøy slik at den får et bredere bruksområde.

Gjennomgang av gjennomsnittsfartøyet basert på et utvalg autolinefartøy fra EFFEKT

Ettersom verktøyet henter data fra fartøy i datagrunnlaget kan dette brukes til å si noe om de registrerte autolinefartøy generelt. Forhåpentligvis er dette et godt alternativ til å analysere ett spesifikt fartøy.

For å danne seg et godt bilde av gjennomsnittsdata for autolinefartøyene er det naturlig å benytte seg av arket Sammenlikninger. Her er det samlet en oversiktlig fremstilling av gjennomsnittsdata fra datagrunnlaget med tanke på forskjellige parametere for drivstofforbruk og tidsbruk. For å

undersøke i hvor stor grad gitte gjennomsnittsdata representerer utvalget i datagrunnlaget vil tidvis også arkene Oljeforbruk- INN, Oljeforbruk- UT og Driftsprofil- Autoline benyttes.

Drivstofforbruk per kilogram isk.

Til å begynne med skal det gjennomsnittlige drivstofforbruket per kg fisk gjennomgås. Dette gjøres fordi det er interessant å se om utvalget av fartøy i denne oppgaven har sammenliknbart drivstofforbruk med SINTEFs og Tyedmyers tall, som ble gjennomgått innledningsvis. Hvis drivstofforbruket er sammenliknbart kan dette tyde på at utvalget av autolinefartøy til en viss grad gjenspeiler resten av flåten.

Ettersom fangsteffektiviteten i liter drivstoff per kg fisk for fartøyene finnes i datagrunnlaget er det mulig å beregne fartøyenes fangstmengde, ved hjelp av totalt årlig drivstofforbruk. Med totalt antall kg fisk, og antall liter forbrent drivstoff er det mulig å beregne en total fangsteffektivitet for hele flåten. Siden fangstmengde for fartøyene i utgangspunktet anonymisert, i likhet med navnene på fartøyene, er det ikke ønskelig å vise utregningene. Likevel kan man avsløre at den totale fangstmengden for samtlige fartøy ble estimert til 2 560 millioner kg fisk, basert på enkle utregninger. Med de 732 800 liter drivstoff dette utvalget av autoliner forbrukte får man en fangsteffektivitet på 0,2862 liter drivstoff per kg fisk.

Det er forøvrig interessant å se at den totale fangsteffektiviteten for utvalget av fartøy varierer fra den gjennomsnittlige fangsteffektiviteten per fartøy som er på 0,3001 (Fra celle AL 5 i arket Oljeforbruk- INN). Dette tyder på at det er noen fartøy med god fangsteffektivitet som fanger vesentlig mer fisk enn andre fartøy med dårligere fangsteffektivitet, hvilket vil drive den totale fangsteffektiviteten for hele utvalget under effektivitetsgjennomsnittet til hvert enkelt fartøy.

Ifølge en artikkel av P. Tyedmers fra 1998 kan representative tall for energiforbruk i norske linefartøy ligge på omtrentlig 0,572 og 0,382 liter drivstoff per kg fisk[18]. En SINTEFrapport fra 2001 estimerer at energiintensiteten til fangst fra Autoline til havs ligger på 0,29 kg drivstoff per kg fisk og på 0,18 kg drivstoff per kg fisk i Autoline som ferdes langs kysten[22]. Hvis man antar en massetetthet for diesel på ca 0,84 kg per liter[47] vil det si at rapporten angir en energieffektivitet på ca 0,34 liter drivstoff per kg fisk for Autoline til havs og en effektivitet på 0,21 liter drivstoff per kg fisk for autoline langs kysten.

Datagrunnlaget har dermed en energieffektivitet som ligger noe under Tyedmers tall, og SINTEFs tall for havgående fartøy. Det kan være flere grunner til dette og blant annet bør det nevnes at Tyedmers tall er omtrentlig 20 år eldre enn tallene i datagrunnlaget, hvilket kan påvirke fangsteffektiviteten ettersom både kvoter og teknologi endres med årene. Ved sammenlikning med SINTEF sitt

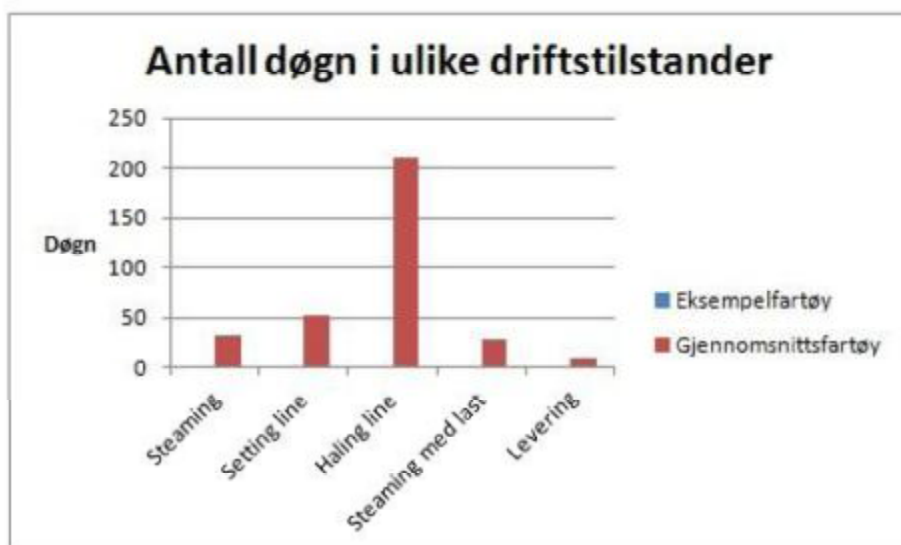
datamateriale er det usikkert om fartøyene i datagrunnlaget benyttes til havs, langs kysten eller om fisket består av en blanding.

Et siste moment som bør nevnes er at det kan tenkes at fartøyeierne i utvalget, hvis det er snakk om havgående fartøy, er mer enn gjennomsnittlig interessert i energieffektivisering hvilket de kan ha bevist ved å delta i COWI og FHF's EFFEKT prosjekt. Likevel kan en notere seg at drivstofforbruket er sammenliknbart med forbruket som er oppgitt av SINTEF, og at det dermed ikke er helt utenkelig at datagrunnlaget er representativt for Autolineflåten. Ettersom datagrunnlaget inneholder 10 autolinefartøy, hvilket er en relativt stor andel av den totale registrerte mengden norske autolinefartøyer på 34[16], kan det i det minste slås fast at utvalget inkluderer en betydelig del av den norske flåten. Det kan også nevnes at fangsteffektiviteten til fartøyene i datagrunnlaget varierer fra 0,22 liter per kg fangst til 0,51 liter per kg fangst, og en er dermed i nærheten av de fleste nevnte tallene fra både SINTEF og Tyedmers.

Driftsprofil

Ved å undersøke den tidsmessige driftsprofilen i arket benevnt Sammenlikning er det tydelig at fartøyene i utvalget gjennomsnittlig bruker størstedelen av tiden på å hale line. Som vist i figur 47 bruker fartøyene gjennomsnittlig 211 av 330 døgn av sin driftstid til å hale line, hvilket tilsvarer 64 % av tiden. Tallet varierer ikke spesielt mye mellom de ulike fartøyene i utvalget, da samtlige fartøy er i tilstanden "haling line" mellom 61 % og 68 % av tiden. Til sammenlikning varierer den totale driftstiden for fartøyene fra 266 døgn til 365 døgn, hvilken er en endring i 37 % fra lavest driftstid til høyest.

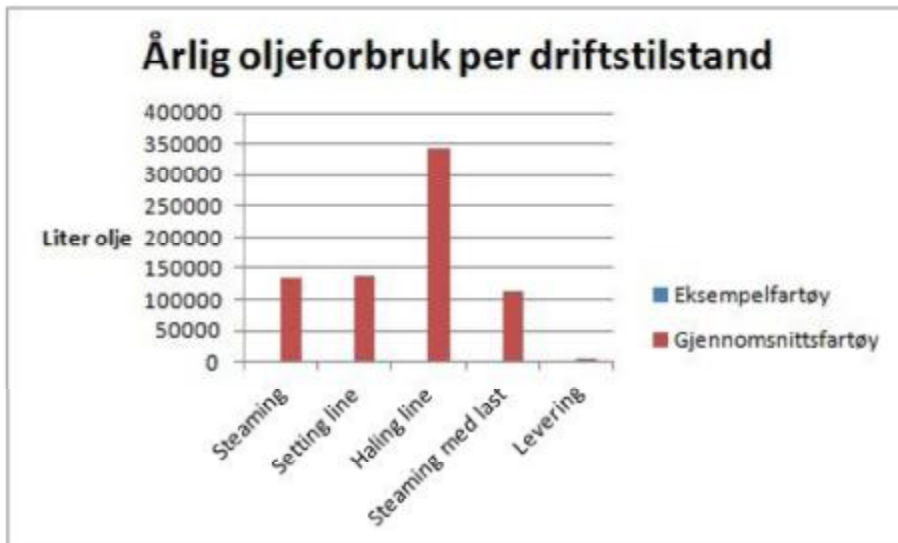
Her bør det kommenteres at det høres noe høyt ut at det fartøyet med høyest driftstid skal være i drift 365 dager i året. Dette tillater åpenbart ikke rom for fri på helligdager, service på fartøyet, eller annet. Man bør altså ta høyde for at det kan finnes feil i datagrunnlaget.



Figur 47: Celler F- L 89- 109 i arket Sammenlikninger. Viser tid i ulike driftstilstander for gjennomsnittsfartøyet.

Den aktiviteten fartøyene bruker nest mest tid på er 'setting line'. Fartøyene bruker mellom 13 % og 21 % av sin driftstid på dette, hvilket betyr at dette er en vesentlig mindre tidkrevende tilstand enn haling av line. Tidsmessig kan det dermed bemerkes at reduksjoner i døgnlig drivstofforbruk vil få størst utslag i tilstanden "Haling line".

Til tross for en svært høy andel av den totale tidsbruken står ikke haling av line for en like høy andel av totalt drivstofforbruk. Gjennomsnittlig bruker fartøyene 48 % av sitt totale drivstofforbruk under haling av line. Dette kommer av at haling av line er tilstanden som har det nest laveste døgnlige forbruket. Totalt årlig drivstofforbruk i ulike driftstilstander vises i figur 48, mens gjennomsnittlig døgnlig drivstofforbruk vises i figur 49. Tilstandene som krever mest drivstoff på døgnlig basis er derimot steaming, med og uten last. Dette resulterer blant annet i at steaming står for totalt rundt 17 % av total driftstid, men forbruker rundt 32 % av totalt drivstofforbruk.



Figur 48: Celler F- L 141- 161 i arket Sammenlikning. Figuren viser årlig drivstofforbruk per driftstilstand for gjennomsnittsfartøyet.



Figur 49: Celler D- L 173- 176 i arket Sammenlikning. Figuren viser døgnlig drivstofforbruk for gjennomsnittlig autolinefartøy i utvalget i ulike driftstilstander.

En annen interessant observasjon om tidsbruk og drivstofforbruk er at mens prosentvis tidsforbruk ved haling av line og setting av line ikke varierer spesielt mye innad i utvalget varierer drivstofforbruket til disse to tilstandene en del mer. Hos fartøyene kan haling av line legge beslag på mellom 36 % til 54 % av totalt drivstofforbruk mens setting av line kan legge beslag på fra 13 % til 30 % av totalt drivstofforbruk.

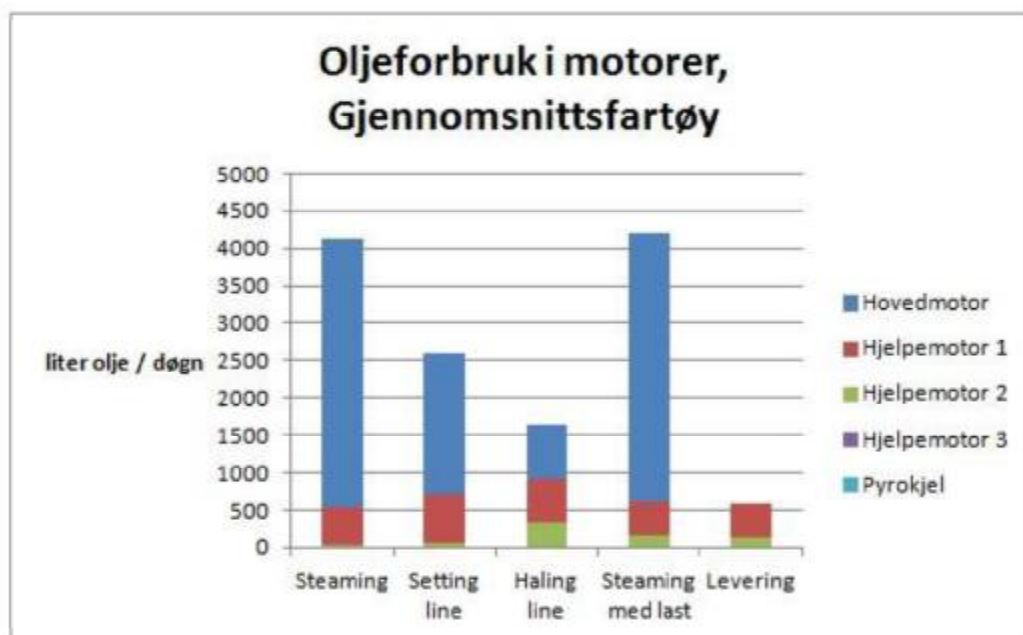
Som en påminnelse kan det her nevnes at drivstofforbruket fordelt over de ulike tilstandene for alle fartøyene vises i kolonne CN til CY og rad 8 til 17 i arket Oljeforbruk- INN, mens tidsbruken i de ulike tilstandene vises for de ulike fartøyene i arket Driftprofil- Autoline.

At drivstofforbruket varierer så mye mer over de ulike tilstandene enn tidsbruken kan for øvrig være en indikasjon på at det er ganske forskjellig effektivitet i bruken av drivstoff i de forskjellige fartøyene, hvilket også den relativt høye forskjellen i fangsteffektivitet kan antyde.

Motorer

Fra datagrunnlaget er det tilsynelatende vanlig at autolinefartøy har én hovedmotor og én eller to hjelpemotorer. Som en kan se av kolonne CB til CG i arket Oljeforbruk- INN har fire av de ti fartøyene drivstofforbruk i én hovedmotor og én hjelpemotor. Fem andre fartøyer har drivstofforbruk i hovedmotoren og to hjelpemotorer. Det er også ett fartøy som har oljeforbruk i en pyrokjel, i tillegg til forbruk i hovedmotor og hjelpemotor.

Ut fra dataene samlet i arket Oljeforbruk- INN er det tydelig at det er hovedmotoren som forbrenner mest drivstoff. På årlig basis forbrenner den gjennomsnittlig 64 % av alt drivstoffet for utvalget av autolinefartøy. Som en kan se av figur 50 står hovedmotoren konsekvent for en betydelig del av det døgnlige drivstofforbruket under hver driftstilstand, bortsett fra under levering. Figur 50 illustrerer også hvordan drivstofforbruket varierer for gjennomsnittlig bruk av hjelpemotorene i utvalget av fartøy.



Figur 50: Celler Q- W 565- 587 i arket Sammenlikning. Grafen viser hvor stort drivstofforbruket gjennomsnittlig er for fartøyene i datagrunnlaget fordelt på de ulike motorene.

Ved å studere grafen gjengitt i figur 50 og diagrammet gjengitt i figur 51 er det påfallende at drivstofforbruket for hovedmotoren varierer såpass mye. Under steaming med last er for eksempel gjennomsnittsforkbruket 3614 liter per døgn hvilket i gjennomsnitt utgjør 86 % av det døgnlige drivstofforbruket, mens hovedmotorens drivstofforbruk under haling av line i gjennomsnitt er på 725

liter per døgn, hvilket i gjennomsnitt utgjør 45 % av det døgnlige forbruket. Under levering er det ikke oppgitt at noen av fortøyenes hovedmotor forbraker drivstoff.

Døgnlige oljeforbruk hos Gjennomsnittsfartøy

	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Levering
Hovedmotor	3590 liter/døgn	1895 liter/døgn	725 liter/døgn	3614 liter/døgn	0 liter/døgn
Hjelpemotor 1	503 liter/døgn	652 liter/døgn	578 liter/døgn	437 liter/døgn	454 liter/døgn
Hjelpemotor 2	32 liter/døgn	47 liter/døgn	302 liter/døgn	155 liter/døgn	110 liter/døgn
Hjelpemotor 3	7 liter/døgn	7 liter/døgn	7 liter/døgn	7 liter/døgn	15 liter/døgn
Pyrokjel	2 liter/døgn	2 liter/døgn	2 liter/døgn	2 liter/døgn	2 liter/døgn
Sum	4134 liter/døgn	2597 liter/døgn	1814 liter/døgn	4215 liter/døgn	581 liter/døgn

Figur 51: Celler O- Z 548- 564 i arket Sammenlikning. Tabellen viser gjennomsnittlig drivstofforbruk i de ulike motorene under ulike driftstilstander for utvalget av fartøy.

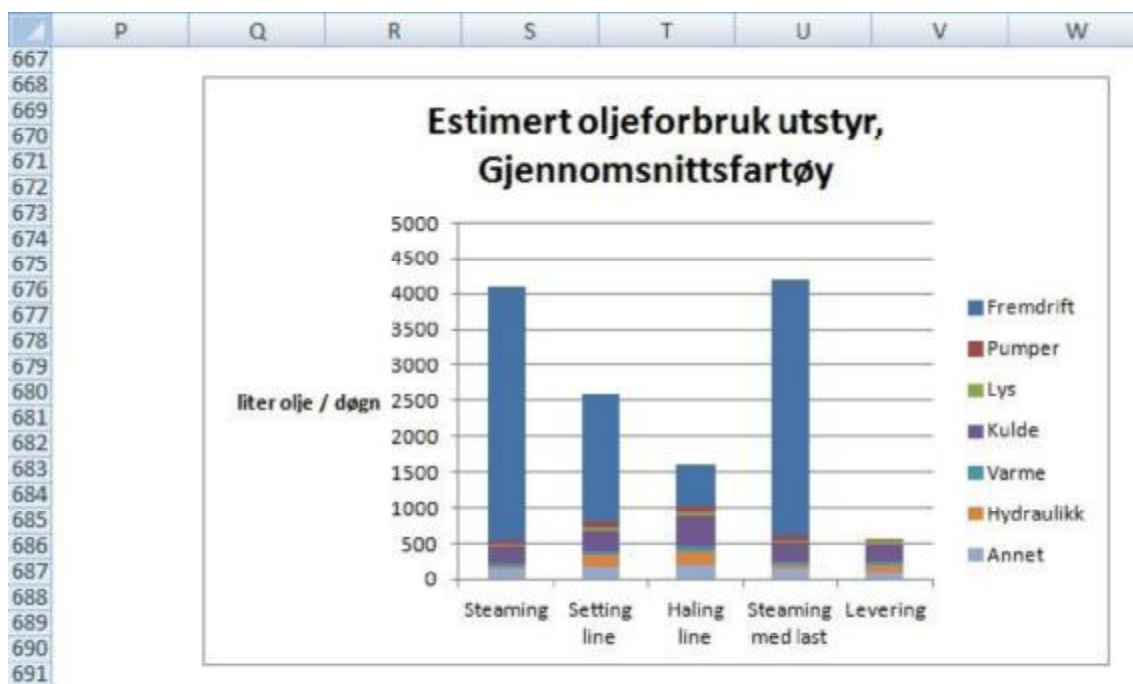
Drivstofforbruket i andre hjelpemotor varierer også en god del under de ulike tilstandene. Under steaming står denne motoren for eksempel gjennomsnittlig for bare 1 % av det totale drivstofforbruket, mens den under steaming angivelig kan stå for 20 %. Det er her rimelig å anta at variasjonen det dreier seg om er vesentlig større enn det gis uttrykk for av gjennomsnittsdata. Når det er halvparten av fartøyene som bruker to hjelpemotorer, er det naturlig å anta at disse bruker andre hjelpemotor vesentlig mer enn gjennomsnittet, mens andre halvparten naturligvis ikke bruker en andre hjelpemotor i det hele tatt. Det skal uansett ikke fokuseres nevneverdig på hvor mye de enkelte hjelpemotorene benyttes, men heller på i hvor stor grad hovedmotor benyttes i forhold til hjelpemotorene. Som en kan se når en sammenlikner data fra arket Oljeforbruk- INN og Oljeforbruk- UT er det nemlig slik at hovedmotor i samtlige fartøy med unntak av ett benyttes utelukkende til fremdrift, mens hjelpemotorene stort sett brukes til å drive generatorer som genererer elektrisitet til fartøyets elektriske utstyr. Dette ser en blant annet av at det totale drivstofforbruket i hovedmotoren, celler CB 8- 17 i arket Oljeforbruk- INN, er tilnærmet identisk med drivstofforbruket som går med til fremdrift, celler DB 8- 17 i arket Oljeforbruk- UT. Det eneste unntaket er fartøy 68 som er utstyrt med akselgenerator og dermed generer noe av sin elektrisitet til det elektriske utstyret fra samme aksling som driver fremdriften.

Elektrisk utstyr

I fartøyene i utvalget er det bare ett fartøy som har akselgenerator installert. Det vil si at ni av ti fartøy i utvalget genererer elektrisitet til fartøyets utstyr utelukkende via hjelpemotorene. Om man ser vekk fra fartøyet på rad 13, som har akselgenerator, og antar at drivstofforbruk i hjelpemotorer da er synonymt med drivstofforbruk til generasjon av elektrisitet, kan en se av figur 52 at elektrisitetsbehovet står for mellom 30 % til 48 % av det årlige drivstofforbruket i utvalget av fartøy.

	BV	BW	BX	BY	BZ	CA
1						
2						
3	Motorenes forbruk som andel av totalt oljeforbruk (%)					
4	Hovedmotor	Hjelpemotor 1	Hjelpemotor 2	Hjelpemotor 3	Kjele	Totalt
5	63 %	28 %	9 %	0 %	0 %	100 %
6						
7						
8	60 %	40 %	0 %	0 %	0 %	100 %
9	53 %	21 %	26 %	0 %	0 %	100 %
10	61 %	20 %	19 %	0 %	0 %	100 %
11	52 %	48 %	0 %	0 %	0 %	100 %
12	67 %	9 %	24 %	0 %	0 %	100 %
13	92 %	5 %	0 %	3 %	0 %	100 %
14	55 %	45 %	0 %	0 %	0 %	100 %
15	64 %	36 %	0 %	0 %	0 %	100 %
16	69 %	30 %	0 %	0 %	1 %	100 %
17	59 %	21 %	20 %	0 %	0 %	100 %
18						

Figur 52: Tabellen viser de ulike motorens andel av det totale drivstofforbruket for fartøyene i utvalget. Celler BV- CA 3-17 i arket Oljeforbruk- INN.



Figur 53: Celler Q- W 668- 690 i arket Sammenlikning. Grafen viser drivstofforbruk i de forskjellige driftstilstandene fordelt over de ulike utstyrgruppene.

Av figur 53 kan en se at produksjon av kulde er den delen av elektrisitetsbehovet som antatt står for høyest forbruk av drivstoff. Over de ulike tilstandene står kuldebehovet for om lag 6 % til 42 % av driftstilstanden totale drivstofforbruk. Også Hydraulikk og Annet utgjør tidvis ganske store deler av

drivstofforbruket. For øvrig viser det seg at det elektriske utstyret om bord autolinefartøy består av svært mange komponenter og fremstår som relativt uoversiktlig, om en ikke allerede har inngående kjennskap til fiskefartøy. Dette kan blant annet eksemplifiseres med det store antallet eksempelutstyr som kunne plottes inn i tabellene i rad 143 til rad 660 i arket INNDATA.

Mulige energireduserende tiltak basert på resultater fra Sammenlikning

Dette avsnittet skal samle kunnskapen fra Sammenlikning og undersøke om det finnes energieffektiverende teknologier eller tiltak som kan anbefales, basert på informasjon om typisk driftsprofil, drivstofforbruk i motorer og energibruk i utstyr for autolinefartøy.

En egenskap som er påfallende ved drivstofforbruket i utvalget av autolinefartøy er den store variasjonen i gjennomsnittlig døgnlig drivstofforbruk under de ulike driftstilstandene. Enda mer interessant er det at denne variasjonen hovedsakelig kommer av variasjon i drivstofforbruket i hovedmotoren. I utvalget av fartøy i denne oppgaven er drivstofforbruket i hovedmotoren hovedsakelig forbundet med fremdrift. Det er også variasjon i drivstofforbruket til hjelpemotorene, som hovedsakelig driver generatorer for å generere elektrisitet, men dette er vesentlig lavere og ikke sammenliknbart med variasjonen i hovedmotorens drivstofforbruk.

Når en vet at dieselmotorer gjerne er konfigurert slik at en motorbelastning på omtrent 70 % - 80 % av gir det laveste drivstofforbruket per levert kWh på aksling [22, 33], er det rimelig å anta at den store døgnlige variasjonen i drivstofforbruk i medfører at motorene enten under steaming, setting av line eller haling av line ikke går ved optimal last. Det kan dermed være interessant å undersøke mulighetene for å la fartøyet gå nærmere merkelast en større andel av tiden. I den sammenheng er det også verdt å legge merke til at drivstofforbruket i hjelpemotorene typisk øker når forbruket i hovedmotor minker. Hvis man antar at motoren går omtrentlig på merkelast under steaming, og vesentlig lavere enn merkelast under eksempelvis haling av line er det mulig at en installering av akselgenerator kan føre til mer optimal effektivitet på hovedmotor over større del av tiden. I del 2 er det derfor ønskelig å drøfte behovet for akselgenerator nøyere.

En annen fordel med å installere akselgenerator på hovedmotor er at en ved å la denne motoren konstant gå på en høy last under hele fiske får konsentrert en del varmetap fra motorene på ett sted. Hvis hovedmotoren kan kjøre på en relativt konstant, høy ytelse, vil også motoren vil gi fra seg relativt konstant, høy, varmemengde. Når en dieselmotor går på jevn last, ikke langt unna merkelasten, kan det antas at den har en mekanisk effektivitet på omtrentlig 40 % [22, 48]. Det er dermed omtrentlig 60 % av energien i drivstoffet som vil frigis i motoren som varme. I sammenheng med installasjon av en akselgenerator kan det dermed være interessant å se på mulighetene for å installere et system som benytter seg av overskuddsvarmen for å generere elektrisitet. Ved for

eksempel å bruke organiske fluider i teknologi som generer elektrisitet i en Rankine syklus er det mulig å generere strøm fra relativt lavtemperatur varmekilder [49].

De elektriske forbrukerne om bord er blitt noe grovfordelt og variasjonen i assosiert drivstofforbruk er noe studert i løpet av resultater. Ettersom det allerede er blitt funnet forslag til energireducerende tiltak i forbindelse med motorene, skal det ses vekk fra reduksjoner som kan gjøres i det elektriske utstyret. Det må likevel påpekes at erfaringer fra landbasert industri og publikasjoner om både fiskefartøy og andre marine fartøy antyder at det kan finnes gode muligheter for å redusere energiforbruket også i det elektriske utstyret. Dette kan gjøres både ved å installere nye mer effektive elektriske komponenter, eller ved å redusere elektrisk forbruk på områder der utstyret i dag ikke kjøres optimalt. Et eksempel på energieffektiviserende tiltak i det elektriske utstyret er frekvensstyring av fartøyets pumper. Dette behandles blant annet i enkelte av COWIs rapporter, men er ikke videre undersøkt i denne teksten [43].

Del 2: Potensial for reduksjon av drivstofforbruk basert på de foreslåtte teknologier

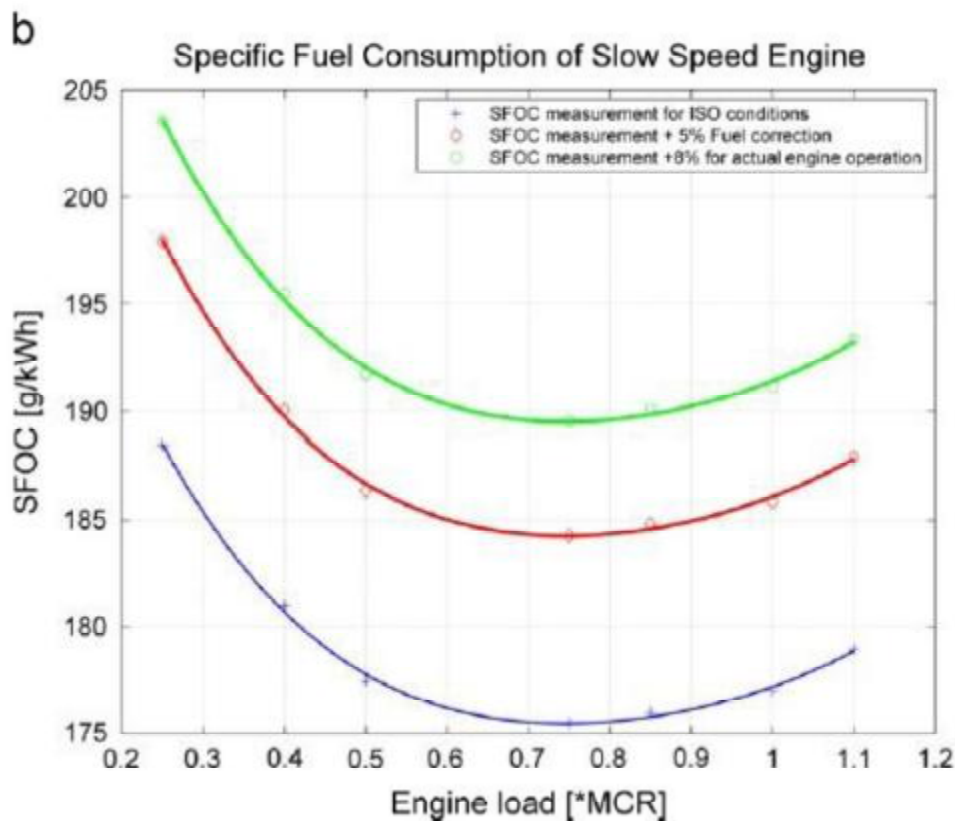
I andre del av oppgaven diskuteres noen potensielle energieffektiviserende tiltak for utvalget av autolinefartøy. Teknologiene drøftes med utgangspunkt i at gjennomsnittsdataene fra første del av oppgaven kan danne et gjennomsnittsfartøy som skal representere fartøyene i utvalget. Det er hovedsakelig drivstofforbruket i motorene under de ulike driftstilstandene som har vært mest interessant ved valg av energieffektiviserende teknologier. Derfor vil enkelte egenskaper hos dieselmotorer bli diskutert i sammenheng med de foreslåtte teknologiene. Deretter vil det gjøres relativt grove beregninger for motorer og teknologier for å undersøke potensialet for å begrense fartøyenes dieselforbruk og mulig lønnsomhet ved dette. Tilslutt vil det for hver teknologi diskuteres hvorvidt forslagene ser aktuelle ut basert på de relativt grove utregningene som er foretatt, og resultatene vil til en viss grad sammenliknes med resultatene til andre organisasjoner som har gjort liknende, men mer omfattende, undersøkelser.

Akselgenerator

Ut fra datamaterialet om utvalget av eksempelfartøy er det tilsynelatende kun ett fartøy som har installert akselgenerator. I tillegg har det vist seg at det er relativt stor variasjon av drivstofforbruket i fartøyenes hovedmotor under de ulike driftstilstandene. Variasjonen i drivstofforbruk i hovedmotoren kan tyde på at motorene ikke kjøres like optimalt under samtlige driftstilstander og det er derfor ønskelig å undersøke hva slags sparepotensial som finnes knyttet til å installere en akselgenerator for holde hovedmotorens ytelse nærmere sin mest optimale last, og samtidig redusere elektrisitetsproduksjonen fra hjelpemotorene.

Teori

I tekstens første del ble det gjort en antakelse om at de undersøkte fartøyene i denne oppgaven i likhet med de fleste andre kommersielle fiskefartøy, drives av dieselmotorer. Dieselmotorer har gjerne den egenskapen at de har lavest spesifikt drivstofforbruk under en gitt last på motoren. For marine dieselmotorer er det vanlig at optimal belastning ligger på 70 % til 80 % av maksimal ytelse[22, 33, 50]. Dette er blant annet illustrert i grafen i figur 54.



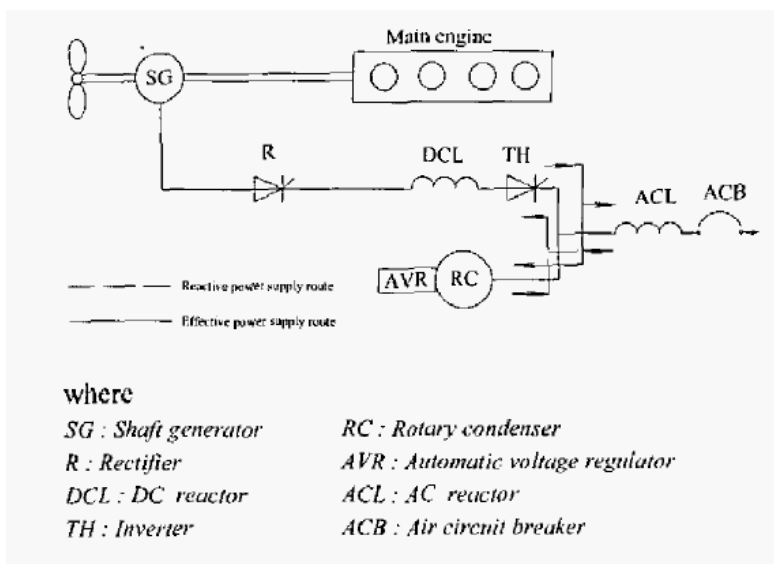
Figur 54: Figuren viser eksempler på spesifikt drivstofforbruk under ulike laster for motoren MAN 7S60MC – C8 [50].

Fra figur 54 er det tydelig at lavest spesifikt drivstofforbruk inntreffer når motoren kjøres på omtrent 75 % av motorens maksimale ytelse. Motoren som benyttes i eksempelet i figuren er vesentlig større enn hva som benyttes av fiskefartøyene i utvalget, men data-ark fra motorer med mer aktuelle størrelser viser også at det er en tendens at motorens beste spesifikke drivstofforbruk ligger på omtrent 80 % av maksimal ytelse [48, 51].

Siden hovedmotoren til fartøyene i datagrunnlaget til denne oppgaven gjennomsnittlig har et relativt lavt døgnlig drivstofforbruk under setting og haling av line gjøres antakelsen om at fartøyenes hovedmotor under disse tilstandene kjøres på vesentlig lavere belastning enn ved steaming, med og uten last. Denne antakelsen gjøres på bakgrunn av at behovet for effekt til fremdrift bør være mindre når line settes ut og fangst hales om bord fordi fartøyet beveger seg saktere enn ved steaming og derfor også bruker mindre drivstoff. Tanken er deretter at dette lavere drivstofforbruket går på bekostning av spesifikt drivstofforbruk og at det kunne vært mer hensiktsmessig å ha en akselgenerator som generer strøm fra hovedmotorens aksling og dermed kan holde lasten nærmere 80 %, også under setting og haling av line. Det gjøres i tillegg en antakelse om at det spesifikke drivstofforbruket ved generasjon av elektrisitet ved hjelp av hovedmotoren er lavere enn det

spesifikke drivstofforbruket ved generering av elektrisitet ved hjelp av hjelpemotorene, slik at et potensielt økt spesifikt drivstofforbruk ved generering av elektrisitet som måtte oppstå hos hjelpemotorene avlastes av det relativt lavere forbruket hos hovedmotoren. Denne antakelsen gjøres på bakgrunn av gjennomgang av data- ark til forskjellige motorer som tilsynelatende viser tendens til at større motorer har generelt lavere spesifikt drivstofforbruk enn mindre motorer [48, 52].

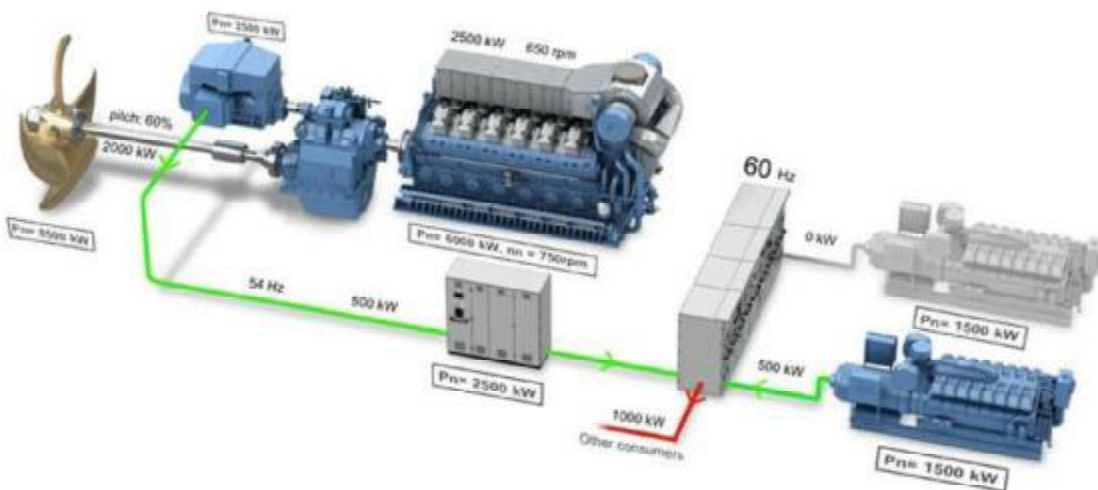
Det finnes ulike metoder å kople en akselgenerator til en hovedmotor, og detaljene rundt dette er ikke viktige i denne oppgaven. Hovedpoenget er at en ved å kople en generator direkte, eller indirekte, til akslingen på hovedmotor kan generere elektrisitet som legges ut på fartøyets strømnett. Elektrisiteten genereres ved at den roterende bevegelsen til hovedmotorens aksling kan benyttes som elektromagnetisk rotor i et system der akselgeneratoren inneholder en elektromagnetisk stator som henter mekanisk effekt fra hovedmotorens drivaksling og benytter denne til å generere elektrisk effekt [53-55]. Prinsipielt kan det vises så enkelt som i figur 55.



Figur 55: Figuren viser en prinsippskisse for hvordan en akselgenerator kan være koplet til en hovedmotor og skipets elektriske system [55].

I figur 55 vises også kraftelektronikk som skal sørge for at akselgeneratoren leverer elektrisitet med ønsket frekvens og som generelt skal sørge for at akselgeneratoren er tilpasset nettet og resten av fartøyets generatorer hva gjelder spenning og forholdet mellom aktiv og reaktiv effekt [55]. Selv om detaljerte beskrivelser av fartøys kraftelektronikk heller ikke er en del av denne oppgaven er det viktig å nevne at de senere års teknologiske fremskritt har ført til at hovedmotoren ikke nødvendigvis trenger å kjøre på et bestemt turtall for å tilfredsstille behov knyttet til levert frekvens på fartøyets strømnett. Det er derimot utviklet relativt avanserte systemer som kan la hovedmotorens akselgenerator samarbeide med et fartøys øvrige hjelpemotorer, og deres elektrisitetsgeneratorer,

slik at belastningen knyttet til fartøyets behov for generert elektrisitet blir fordelt mellom de ulike motorene og sørger for at de kjøres mest mulig optimalt. Hovedmotoren kan på denne måte for eksempel kjøres på en jevn last og turtall, og vridning på propellene som er tilpasset denne, og overskuddseffekt kan omformes til elektrisk effekt i fartøyet mens hjelpemotorer dermed kan minke sin produksjon av strøm. Siden det ikke er noen prinsipiell forskjell mellom en elektrisk generator og motor [53] er det også utviklet akselgeneratorer som kan fungere som motor og dermed la hjelpemotorene supplere med elektrisk effekt som kan omdannes til mekanisk effekt til å drive propellen om behovet for fremdrift skulle overstige hovedmotorens ønskede effekt, eller om det av ulike grunner skulle være mer ønsket å kjøre hjelpemotorene[54-56]. En av de industrielle aktørene som har utviklet et kraftelektroteknisk system for optimal kjøring av hovedmotor, akselgenerator og hjelpemotorer er Rolls Royce. De har utviklet et system de kaller Hybrid Shaft Generator og figuren under viser hvordan en for eksempel ser for seg at hovedmotor, akselgenerator og hjelpemotorer kan samarbeide om produksjon av fremdrift og elektrisitet under steaming.



Figur 56: Figuren viser hvordan Rolls Royce ser for seg at deres Hybrid Shaft Generator kan kjøres [56].

I figur 56 ser en at det skal være teknisk mulig å la hovedmotoren for eksempel kjøres på 2500 kW og en hjelpemotor på 500 kW i en situasjon der det behøves 2000 kW på aksling til fremdrift og 1000 kW ut på fartøyets elektriske nett.

Beregninger

I figur 57 er diagrammet fra gjennomsnittlig drivstofforbruk i de ulike motorene under de ulike driftstilstandene hentet fra arket Sammenlikning.

Døgnet oljeforbruk hos Gjennomsnittsfartøy

	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Levering
Hovedmotor	3590 liter/døgn	1895 liter/døgn	725 liter/døgn	3614 liter/døgn	0 liter/døgn
Hjelpemotor 1	501 liter/døgn	652 liter/døgn	578 liter/døgn	417 liter/døgn	454 liter/døgn
Hjelpemotor 2	32 liter/døgn	42 liter/døgn	302 liter/døgn	155 liter/døgn	110 liter/døgn
Hjelpemotor 3	7 liter/døgn	7 liter/døgn	7 liter/døgn	7 liter/døgn	15 liter/døgn
Pyrokjel	2 liter/døgn	2 liter/døgn	2 liter/døgn	2 liter/døgn	2 liter/døgn
Sum	4134 liter/døgn	2597 liter/døgn	1614 liter/døgn	4215 liter/døgn	581 liter/døgn

Figur 57: Celler P- Z 550- 562 i arket Sammenlikning viser drivstofforbruk fordelt over de ulike motorene i de ulike driftstilstandene fra gjennomsnittet for utvalget av autolinefartøy.

Ved hjelp av noen forenklinger kan man ved hjelp av figuren få en relativt grov oversikt hvilken effekt som blir etterspurt av de forskjellige motorene. Det er her nødvendig å presisere at de påfølgende beregningene ikke er ment å gi nøyaktige data, men heller gi grunnlag for å gjøre noen "back of the envelope" kalkulasjoner som igjen kan gi en pekepinn på om hvorvidt en akselgenerator kan være en fornuftig installasjon for autolinefartøy. Dataene representerer uansett ikke et konkret fartøy, og om en skulle installert en akselgenerator i et fartøy ville en i alle tilfelle være nødt til å gå over kalkulasjonene nok en gang, i større detalj, for å forsikre om det vil være en fornuftig investering. Til tross for at det er ett fartøy i utvalget som har akselgenerator, skal en her se for seg at all gjennomsnittlig drivstofforbruk i hovedmotoren går til fremdrift. All drivstofforbruk i hjelpemotorene skal en se for seg at går til produksjon av elektrisitet. Med enda en forenkling antas det at energiinnholdet i drivstoffet inn i motorene er 10,1 kWh, slik energiinnholdet i diesel er oppgitt hos TU.no [47]. Hvis en videre antar at drivstofforbruket er fordelt jevnt utover hver enkelt time i døgnet under hver driftstilstand kan en lage diagrammet en ser i figur 58.

Energi inn i fartøyets motorer som kjemisk energi i diesel, og hvilke formål energien brukes til

	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Levering
Hovedmotor: Fremdrift	1511 kW INN	797 kW INN	305 kW INN	1521 kW INN	0 kW INN
Hjelpemotorer: Elektrisitet	228 kW INN	295 kW INN	373 kW INN	252 kW INN	244 kW INN
Pyrokjel: Varme	1 kW INN	1 kW INN	1 kW INN	1 kW INN	1 kW INN
Sum	1740 kW INN	1093 kW INN	679 kW INN	1774 kW INN	245 kW INN

Figur 58: Tabellen i figuren beregner effekten som går inn i fartøyets motorer under de ulike tilstandene, og hva denne effekten brukes til.

Deretter gjøres ytterligere forenklinger og en antar at både hjelpemotorene og hovedmotoren har en virkningsgrad på 45 % under samtlige tilstander. Dette er vanligvis ikke rett ettersom motorens effektivitet, som nevnt, varierer med ulik last og hjelpemotorene, som nevnt, gjerne har en noe

lavere virkningsgrad enn hovedmotoren. Likevel gjøres denne forenklingen for at det skal være mulig å oppnå et omtrentlig tall på hvilke effekter som etterspørres. En virkningsgrad på 45 % er valgt ettersom dette er ganske representativt for hva en marin dieselmotor av denne størrelsen kan oppnå ved optimale ytelser [22, 51]. Siden pyrokjelen står for en såpass liten del av den inngående effekten, ser vi vekk fra denne i de videre beregningene. Ved å multiplisere med forventet virkningsgrad på 45 % får vi den forventede effekten de ulike motorene kjøres på, og hva som dermed etterspørres til fremdrift og elektrisitet. Svarene er vist i figur 59.

Effekten de ulike motorene yter til ulike formål

	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Levering
Hovedmotor: Fremdrift:	680 kW	350 kW	117 kW	684 kW	0 kW
Hjelpemotorer: Elektrisitet	103 kW	133 kW	168 kW	113 kW	110 kW
Sum	783 kW	492 kW	306 kW	798 kW	110 kW

Figur 59: Gjennomsnittlige beregnede effekter i utvalget eksempel fartøy under ulike driftstilstander, og hva effektene benyttes til.

I figur 59 er det beregnet noen grove estimater for effekten hovedmotoren kjøres på ved ulike driftstilstander. Siden effekten er høyest under steaming gjøres en antakelse om at fartøyet under disse tilstandene kjører omtrentlig ved optimal ytelse, og at optimal ytelse ligger på 80 % av motorens makseffekt. Det blir dermed naturlig å anta at motoren skulle ha en størrelse på 850 kW.

Hvis den gjennomsnittlige størrelsen på hovedmotor er 850 kW og den kjøres på omtrent 680 kW under steaming, på omtrent 360 kW under setting av line og på omtrent 140 kW under haling av line, vil dette si at motoren kjører med en belastning i størrelsen 15 % under haling av line og 42 % under setting av line. I figur 60 er gjennomsnittlig tid i de forskjellige driftstilstandene repetert.

Gjennomsnittsfartøyets fordeling av tid i forskjellige driftstilstander

	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Levering	Totalt
Tid	33,3 døgn	52,7 døgn	211,1 døgn	27 døgn	8,6 døgn	335,7
Prosent av totalt	9 %	16 %	64 %	8 %	3 %	100 %

Figur 60: Gjennomsnittlig fordeling av tidsbruk i de ulike driftstilstandene for utvalget av fartøy.

Hvis det er tilfelle at hovedmotoren kjører på under 50 % belastning omtrent 80 % av tiden, vil det være lurt å undersøke mulighetene for å optimalisere kjøringen av hovedmotoren noe, til tross for at hovedmotoren i utgangspunktet ikke utgjør en stor andel av drivstofforbruket under setting av line og haling av line. Hvis det for eksempel er mulig å erstatte hjelpemotorenes drivstofforbruk med en akselgenerator under setting av line og haling av line kan det være mulig å effektivisere energibruken i form av å minske det spesifikke drivstofforbruket under disse tilstandene. Lempet en hjelpemotorenes antatte effekt over på hovedmotorens antatte effekt under setting av line og haling

av line får en at hovedmotorens effekt da blir i størrelsen 500 kW og 300 kW. Dette vil igjen si at hovedmotorens belastning endres fra omtrent 40 % under setting av line til i underkant av 60 %. Under haling av line endres hovedmotorens belastning fra omtrent 15 % til omtrent 35 %. Hvis man tar utgangspunkt i at kurven for det spesifikke drivstofforbruket per belastning til en viss grad likner på det man ser i figur 54, vil dette bety at lastendringene kan minske hovedmotorens spesifikke drivstofforbruk med 2- 3 % under setting av line. Figuren går ikke så langt ned som til 15 % av motorens belastning, men fra 25 % til 35 % er det en endring i spesifikk drivstofforbruk på omtrent 5 %. Det antas dermed at det bør være mulig å redusere hovedmotorens spesifikke drivstofforbruk med rundt 5 % hvis belastningen økes fra 15 % til 35 %.

Det er nå ønskelig å gjøre de noe konservative antakelsene om at hjelpemotorenes spesifikke drivstofforbruk er omtrentlig det samme som hovedmotorens forbedrede spesifikke drivstofforbruk, slik at man kan se vekk fra en endring knyttet til hjelpemotorene. Videre antas det dermed at det er mulig å endre drivstofforbruket under setting av line og haling av line tilsvarende 2 % og 5 % av hovedmotorens opprinnelige drivstofforbruk. Man får da reduksjonene i drivstofforbruk som vist i formel 46 og 47.

$$\begin{aligned} \text{Reduksjon av drivstofforbruk under setting av line} &\approx 1895 \frac{\text{liter}}{\text{døgn}} * 53 \text{ døgn} * 2\% \\ &\approx 2010 \text{ liter} \end{aligned}$$

Formel 46: Formelen viser antatt reduksjon i drivstofforbruk under setting av line, under antakelsen om 2 % reduksjon av spesifikt drivstofforbruk utelukkende i hovedmotor. Bølgelikehetstegn brukes ettersom dette er grove estimater.

$$\begin{aligned} \text{Reduksjon av drivstofforbruk under haling av line} &\approx 725 \frac{\text{liter}}{\text{døgn}} * 211 \text{ døgn} * 5\% \\ &\approx 7650 \text{ liter} \end{aligned}$$

Formel 47: Formelen viser antatt reduksjon i drivstofforbruk under haling av line, under antakelse om 5 % reduksjon av spesifikt drivstofforbruk utelukkende i hovedmotor. Bølgelikehetstegn brukes ettersom dette er grove estimater.

For å oppnå et øvre estimat for potensielle besparelser kan en anta at hjelpemotorene i utgangspunktet har samme spesifikke drivstofforbruk som hovedmotoren og at en reduksjon i hovedmotorens spesifikke drivstofforbruk også vil gjelde drivstofforbruk overført til denne motoren. Hvis totalt drivstofforbruk under setting av line minker med 2 % og totalt drivstofforbruk under haling av line minker med 5 % får vi reduksjonene i totalt drivstofforbruk som vist i formel 48 og 49.

$$\begin{aligned} \text{Reduksjon av drivstofforbruk under setting av line} &\approx 2597 \frac{\text{liter}}{\text{døgn}} * 53 \text{ døgn} * 2\% \\ &\approx 2750 \text{ liter} \end{aligned}$$

Formel 48: Formelen viser antatt reduksjon i drivstofforbruk under setting av line, under antakelse om 2 % reduksjon av spesifikt drivstofforbruk i forhold til tidligere drivstofforbruk i både hovedmotor og hjelpemotorer. Bølgelikehetstegn brukes ettersom dette er grove estimater.

$$\begin{aligned} \text{Reduksjon av drivstofforbruk under haling av line} &\approx 1614 \frac{\text{liter}}{\text{døgn}} * 211 \text{ døgn} * 5\% \\ &\approx 17030 \text{ liter} \end{aligned}$$

Formel 49: Formelen viser antatt reduksjon i drivstofforbruk under haling av line, under antakelse om 5 % reduksjon av spesifikt drivstofforbruk i forhold til tidligere drivstofforbruk i både hovedmotor og hjelpemotorer. Bølgelikehetstegn brukes ettersom dette er grove estimater.

Av grovkalkulasjonene vist i formel 46- 49 ser en dermed at det er mulig å anta at installasjon av akselgenerator kan minke årlig drivstofforbruk for et gjennomsnittlig autolinefartøy med mellom 10 000 og 20 000 liter drivstoff årlig. Hvis et autolinefartøy i gjennomsnitt forbruker 730 000 liter drivstoff tilsvarer dette en reduksjon av totalt årlig drivstofforbruk på mellom én og tre prosent. Hvis vi antar en drivstoffpris på omtrent kr 3 per liter, hvilket ikke er langt unna oppgitt gjennomsnittlig drivstoffpris for autolinefartøy i 2005 [36], får man at den årlige reduksjonen i drivstoff kan tilsvare mellom kr 30 000 og kr 60 000 i rene drivstoffutgifter.

Resultater og diskusjon

Ved hjelp av relativt grove estimater er det kommet frem til at det kan være mulig for et gjennomsnittlig autolinefartøy å redusere årlig brennstofforbruk med mellom 10 000 og 20 000 liter, eller mellom én og tre prosent av totalt gjennomsnittlig forbruk. Hvis en betaler en drivstoffpris på kr 3 per liter vil denne reduksjonen i drivstoff tilsvare mellom kr 30 000 og kr 60 000 årlig. I praksis vil en slik reduksjon i drivstofforbruk gjerne medføre at andre utgifter også synker. Blant annet vil både utslipp av nitrogenoksider reduseres når mindre drivstoff blir brukt og behov for vedlikehold i hjelpemotorene vil reduseres når motorene brukes mindre. Dette vil medføre lavere NO_x- avgifter og vedlikeholdsutgifter. En akselgenerator vil også behøve vedlikehold, men det trekkes gjerne frem at det er lave vedlikeholdskostnader knyttet til drift av akselgeneratorer [54, 55].

Samtlige beregninger rundt motorenes effekt og belastning har vært relativt grove og kan sies å være blant de største kildene til usikkerhet for hvorvidt det vil være lønnsomt å installere akselgenerator. Et av hovedformålene med beregningene har likevel bare vært å undersøke om det generelt sett kan tenkes at akselgenerator vil være en hensiktsmessig installasjon i autolinefartøy. Hvis man skulle

vurdert muligheter for besparelse i et konkret fartøy vil man ha mulighet til å kontakte leverandørene av fartøyets motorer for å få informasjon om spesifikke drivstofforbruk under de ulike belastninger og dermed også motorenes mekaniske virkningsgrad under de ulike belastninger. I tillegg vil en i tilfeller der en evaluerer et spesifikt fartøy vite hvilke belastninger fartøyet ligger på i de ulike driftstilstander. Med fremgangsmetoden benyttet i dette kapitlet vil en da kunne komme frem til vesentlig mer nøyaktige beregninger for potensiell besparelse av brennstoff.

Om det skal stemme at en potensiell investering er lønnsom må naturligvis antakelsene som er gjort være rimelig. Det kan hende at spesifikke drivstofforbruk i hovedmotor er både høyere eller lavere enn antatt, og at denne varierer både mer eller mindre i forhold til motorens last. Det kan være andre virkningsgrader enn antatt. Forskjellige fartøy kan oppnå forskjellig drivstoffpris, de kan tilbringe ulik tid i ulike driftstilstander og de kan ha større eller mindre motorer. Det er altså flere usikkerhetsmomenter her som kan vise seg å gjøre investeringen både mer eller mindre lønnsomt med hensyn til drivstoffbesparelse for de ulike fartøy. Med hensyn til optimal belastning av motoren er det for øvrig mulig å konfigurere motorer til å virke optimalt på lavere belastninger [33], dette er også et moment som er sett vekk fra i beregningene.

Det er også en del andre momenter som må evalueres for å undersøke om investeringen er lønnsom. Blant annet er det her ikke tatt hensyn til prisen for investeringen. Prisen på installasjonen og driften av akselgeneratoren må ikke være høyere enn at investeringen også er lønnsom når en tar hensyn til renter og pengers endring av verdi over tid.

I sammenheng med det økonomiske ved en slik investering bør det også undersøkes om det finnes investeringstøtte på grunnlag av reduserte utslipp av avgasser, eller redusert energibruk. Blant annet gir ENOVA investeringstøtte til enkelte energireduserende tiltak, uten at det er undersøkt om disse også kan støtte investeringer for redusert energibruk i skip. Ellers finnes det mulighet for medlemmer av Næringslivets NOx-fond til å søke om investeringstøtte til tiltak som reduserer utslipp av Nitrogenoksid. Angående potensielle økonomiske konsekvenser av NOx- utslipp ser det under dagens regelverk ut til at også avgiftene kan økes ved en eventuell installasjon av en akselgenerator. Regelverket er nemlig per i dag slik at man skal betale avgift per estimerte utslipp av NOx som følge av drift av fremdriftsmotorer med en samlet effekt på over 750 kW [57]. Dette kan virke uheldig hvis en erstatter diesel forbruk i en hjelpemotor som er mindre enn 750 kW med diesel forbruket knyttet til en hovedmotor med akselgenerator på over 750 kW. I denne oppgaven sees det likevel vekk fra potensielle effekter på grunnlag av denne regelen da det virker ulogisk å få økt NOx- avgift på et tiltak som potensielt reduserer de totale NOx utslippene fra et fartøy.

For fartøy som i utgangspunktet har to hjelpemotorer bør det undersøkes om akselgeneratoren kan erstatte den ene hjelpemotoren fullstendig, uten at det går for mye på bekostning av spesifikt drivstofforbruk i den gjenværende hjelpemotoren. Hvis det er slik at fartøyet etter en installasjon av akselgenerator effektivt kan dekke sitt elektrisitetsbehov med akselgeneratoren og bare en av hjelpemotorene åpner dette for muligheten til å selge eller bytte inn en av hjelpemotorene og på denne måten redusere netto investeringsutgift.

Om det skulle vise seg at det økonomisk vil være lønnsomt å installere en akselgenerator der alle utgiftene er tatt i betraktning må det også undersøkes om det er gode tekniske forutsetninger for å gjennomføre investeringen. Det kan tenkes at det finnes begrensninger knyttet til plassen i fartøyet. Det kan også tenkes at motoren eller det elektriske utstyret ikke er kompatibelt med drift av en generator koplet til hovedmotoren. I denne oppgaven er også driften av fartøyene ansett som relativt konstant under de ulike fasene av fisket. Det er dermed også mulig at driften ikke er så konstant som antatt, og at det da kan være teknisk komplisert å holde en høy virkningsgrad på en eventuell generator knyttet til hovedmotor.

For å undersøke om grovestimatene benyttet i denne oppgaven syntes representative er det også blitt undersøkt om andre institusjoner har regnet på mulige energirelaterte gevinster ved bruk av akselgenerator. Det viser seg at både COWI, SINTEF og MAN Diesel & Turbo har tilgjengelige beregninger på mulige besparelser ved installasjon av akselgeneratorer og/eller dieselelektriske anlegg.

COWI konkluderer med at installering av akselgenerator under svært mange omstendigheter vil være et lønnsomt tiltak som kan medføre besparelser både med tanke på drivstoffutgifter, avgifter på NOx og vedlikeholdskostnader på hjelpemotorene. COWI trekker i tillegg frem muligheten for å redusere dieselforbruket under steaming ved å senke marsjhastigheten. Dette kan redusere drivstofforbruket per avstand grunnet lavere motstand på fartøyet ved lavere hastighet i vann. Dermed blir mer motorkraft tilgjengelig til heller å produsere elektrisitet og samlet fortsatt oppnå optimal belastning på hovedmotor og bedre drivstofføkonomi. COWI konkluderer med at det for et utvalg autoliner kan være mulig å spare inn 7 % av totalt årlig drivstofforbruk, så lenge det er plass i fartøyet og eksisterende gir er kompatible [43].

En rapport av SINTEF behandler også kortfattet muligheten for installasjon av akselgenerator i fiskefartøy, men konkluderer med at de ikke har grunnlag for å kalkulere potensielle besparelser[22].

Man Diesel & Turbo har gjennomført kalkulasjoner på lønnsomhet ved et hypotetisk containerskip med og uten akselgenerator. De kommer frem til at det vil være mer lønnsomt å redusere antall

hjelpemotorer til fordel for å installere en akselgenerator, men legger avgjørende vekt på at innkjøp og vedlikehold av en akselgenerator er vesentlig mindre kostbart enn innkjøp og vedlikehold av en ekstra hjelpemotor[54].

Basert på beregningene gjort av både COWI og MAN Diesel & Turbo, i tillegg til beregningene i denne oppgaven, ser akselgenerator i utgangspunktet ut til å kunne redusere drivstofforbruket i et marint fartøy. Spesielt i tilfellet til en autoline, der det er stor forskjell i belastning på hovedmotor under de ulike driftstilstander. Prisen på installasjonen av akselgeneratoren kommer likevel til å være helt essensielt for regnestykket, men dette er ikke videre behandlet i denne delen av teksten da en installasjon av en akselgenerator kan medføre ekstra drivstoffbesparelser i samarbeid med andre teknologier. Akselgeneratoren medfører nemlig at en større del av skipets drivstofforbruk, og dermed avgassene, konsentreres hos hovedmotoren hvilket gjør ressursgrunnlaget for den neste teknologien som skal behandles en del større. Det er dermed mer hensiktsmessig å diskutere pris og besparelser for akselgenerator sammen med pris og besparelser for energigjenvinning fra avgasser fra et autolinefartøy.

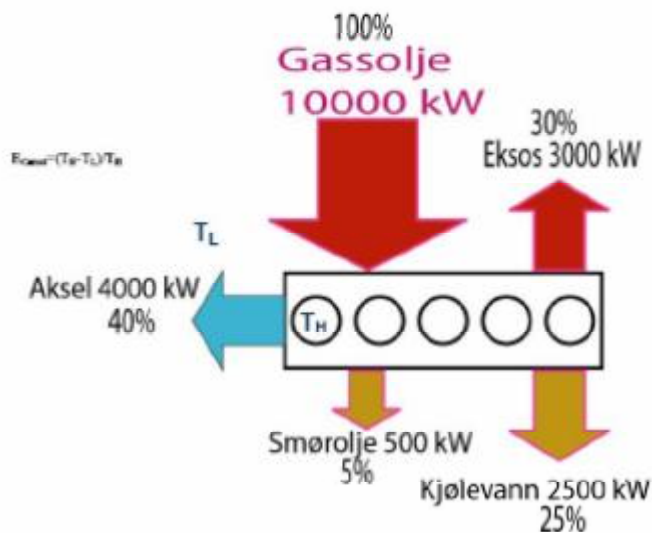
En viktig grunn til at andre del av denne oppgaven er skrevet er også for å undersøke om kalkulatoren fra første del av oppgaven gir informasjon som er nyttig i sammenheng med evaluering av tiltak for energieffektivisering. Det oppleves at det er gått fint å benytte datamateriale systematisert i arket Sammenlikninger fra oppgavens regneverktøy. Informasjonen er relativt grov, men har vist seg egnet til å gi informasjon som kan benyttes til å gi et visst perspektiv på størrelsesorden rundt besparelser knyttet til installasjon av en teknologi som akselgenerator.

Elektrisitet fra overskuddsvarme

I de foregående avsnittene er mulige besparelser ved installasjon av akselgenerator i et autolinefartøy drøftet. En eventuell installasjon av akselgenerator medfører den fordel at en større andel av fartøyets drivstoff forbrennes i hovedmotoren. Som vi skal se vil dette også medføre at hovedmotoren i større grad blir et mer stabilt punktutslipp for varme. Det er i de følgende avsnittene ønskelig å se på muligheten til å benytte denne varmen til å produsere elektrisitet, og dermed senke drivstofforbruket benyttet til generering av elektrisitet via fartøyets motorer ytterligere.

Teori

Som man var inne på under avsnittet om akselgeneratorer er den mekaniske virkningsgraden til en marin dieselmotor gjerne 40 – 50 %. Den resterende energien frigis hovedsakelig som varme til omgivelsene [22, 58]. I figur 61 vises et eksempel på typisk effektlyt i en moderne forbrenningsmotor.



Figur 61: Eksempelen viser hvordan effektflyten kan fordele seg i en moderne forbrenningsmotor [22].

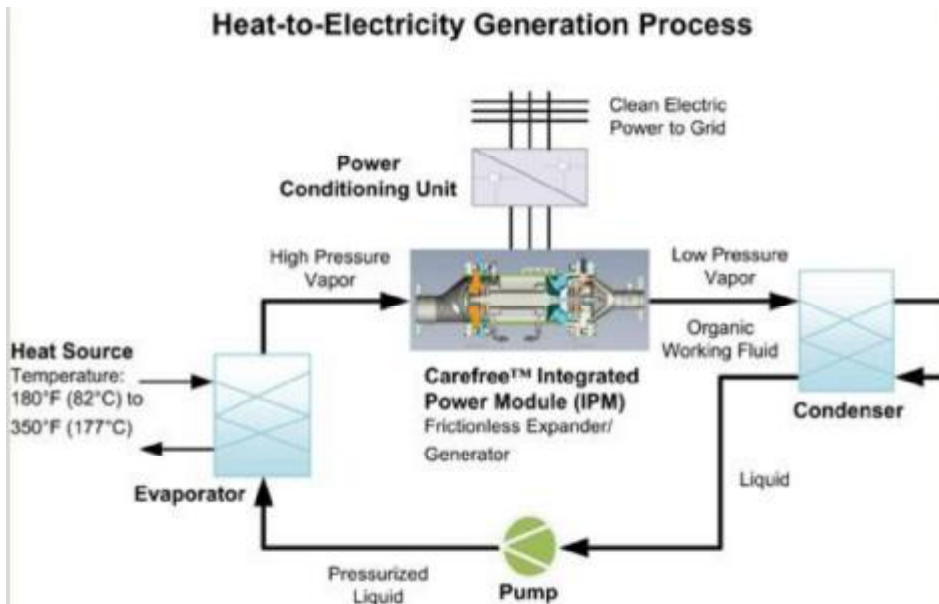
Som illustrert i figuren slippes gjerne halvparten av effekten ut av systemet i form av varme i avgasser og kjølevann. Andre studier viser at for større og litt mer mekanisk effektive motorer kan en regne med at omtrent 25 % av dieselens energi slippes ut som varme i avgassene [58], men det antas her at tallene SINTEF har brukt er mer representative for et autolinefartøy. I en motor på størrelsen 800 kW, hvilket er ganske nærme det som ble brukt som antatt størrelse på motor i tidligere avsnitt, kan avgassene holde en temperatur på omtrent 340 °C ved optimal last, mens kjølevannet vil være på omtrent 90°C [51].

Tanken er i denne delen av oppgaven at det skal være mulig å hente varme ut fra enten avgassene, kjølevannet eller begge deler ved hjelp av varmevekslere og bruke energien til å generere strøm. En trenger da et medium som lar seg fordampe under de relevante temperaturer, og trykk. Én måte å gjøre dette på som kan være aktuelt på bakgrunn av varmekildenes temperaturer [58, 59], og som får voksende oppmerksomhet [49], er ved å benytte organisk Rankine syklus (ORC).

Organisk Rankine syklus betyr at en benytter seg av et organisk medium i en ellers ordinær Rankine syklus, der en Rankine syklus er en termodynamisk syklus som lar et arbeidsmedium generere mekanisk effekt ved hjelp av en varmekilde[59]. Prinsippet bak ORC kan sammenliknes med en dampmaskin i en lukket syklus. Grunnen til at en ønsker å bruke et organisk medium er fordi dette viser seg å være svært hensiktsmessig ved temperaturene gjeldene for overskuddsvarme fra forbrenningsmotorer [58, 59].

Figur 62 viser et eksempel på prinsippene bak en organisk Rankine syklus slik Calnetix Technologies beskriver sin egen teknologi for generasjon av elektrisitet fra overskuddsvarme. Calnetix

Technologies er en av de industrielle aktørene som selger moduler for bruk til generering av elektrisitet fra overskuddsvarme og som har lisensiert sin teknologi til General Electric, en annen industriell aktør [60].



Figur 62: Skisse som viser hvordan elektrisitet kan genereres i en organisk Rankine syklus, med teknologi fra Calnetix Technologies[60].

I en Rankine syklus absorberes varme fra varmekilden under konstant trykk av et arbeidsmedium i, for eksempel, en kjele. Dette øker temperatur og entropi i arbeidsmediet slik at det fordampes. Dampen ledes deretter gjennom en ekspander, gjerne en turbin, som lar gassen ekspandere og gi fra seg mekanisk energi. Turbinen medfører en trykkendring der også temperaturen på gassen senkes. Gassen har etter turbinen lavere trykk og temperatur og kjøres deretter gjennom en kondenser for å kondenseres til væske og senke entropien ved å avlede noe av den gjenværende varmen til omgivelsene. Før væsken igjen skal fordampes i kjelen økes trykket i en pumpe. Arbeidsmediet er dermed tilbake i sin originale tilstand og har et trykk som gjør det velegnet for ny absorpsjon av varme fra syklusens varmekilde [59].

Ved generasjon av elektrisitet i en organisk Rankine syklus er det vanlig at virkningsgraden varierer med hvilken effekt varmekilden gir fra seg, hvor høy temperatur som avgis fra varmekilden, hvilket medium varmekilden avgir varmen gjennom og hvilket arbeidsmedium som benyttes i Rankine syklusen[59]. For temperaturer og effekter tilpasset et fiskefartøy varierer systemvirkningsgraden tilsynelatende i intervallet 5 % - 20 % [22, 59, 61, 62].

I praksis er det mulig å kjøpe pakkeløsninger fra ulike industrielle aktører som inneholder det komplette systemet som trengs for å absorbere varme og generere elektrisitet eller mekanisk effekt. Blant kjente industrielle aktører som selger slike systemer er General Electric og Voith. General Electric sitt system baserer seg på en organisk Rankine prosess og egner seg til varmekilder på 600 kW og oppover [63]. Det oppgis at en ved lavtemperatures varmekilder på effekter rundt 980 kW kan forvente seg en generert elektrisk effekt på 125 kW [64]. Voith har ikke spesifisert om det benyttes organisk Rankine prosess, men deres teknologi benytter seg tilsynelatende av en stempelmotor til å hente ut den mekaniske effekten [65], i motsetning til General Electrics system som benytter turbin. Det er heller ikke spesifisert hvilken effekt som behøves avgitt av varmekilder for å drive teknologiene deres, men det legges vekt på at teknologien er aktuell for både tog, shipping og industri og at deres forskjellige varmedrevne motorer kan levere fra 20 kW til 140 kW [66-68].

Beregninger

Selv om det er mulig å hente varme både fra motorens kjølevann og fra avgassene skal det her fokuseres på varme fra avgassene. Denne tilnærmingen er ønskelig for å fortsette å holde beregningene enkle, forsiktige og realistiske. I tillegg antas det videre at det først og fremst er hensiktsmessig å hente varme fra hovedmotoren, da akselgeneratoren tilsynelatende vil føre til at hjelpemotorene ikke vil være i drift store deler av fartøyets driftstid.

For å få en oversikt over den totale varmen tilgjengelig er det lagd et diagram som viser gjennomsnittlig drivstofforbruk i hovedmotoren til utvalget av autolinefartøy. Hovedmotorens drivstofforbruk under steaming og levering er uendret fra figur 57, men under setting og haling av line er hjelpemotorenes drivstofforbruk slått sammen med hovedmotorens drivstofforbruk, ettersom en ser for seg at det nå er installert en akselgenerator. I tillegg er det totale drivstofforbruket under setting av line redusert med 2 % og det totale drivstofforbruket under haling av line er redusert med 5 %. Diagrammet vises i figur 63.

Estimert døgnlig drivstofforbruk i hovedmotor og hjelpemotorer etter at akselgenerator er installert

	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Levering
Hovedmotor	3590 liter/døgn	2544 liter/døgn	1512 liter/døgn	3614 liter/døgn	0 liter/døgn
Hjelpemotorer	542 liter/døgn	0 liter/døgn	0 liter/døgn	599 liter/døgn	579 liter/døgn
Sum	4132 liter/døgn	2544 liter/døgn	1512 liter/døgn	4213 liter/døgn	579 liter/døgn

Figur 63: Figuren viser estimert døgnlig drivstofforbruk etter at akselgenerator er installert. Drivstofforbruket er fordelt over de ulike motorene og de ulike driftstilstandene.

Det er tidligere antatt at én liter drivstoff inneholder tilsvarende 10,1 kWh kjemisk energi. Dette grove overslaget gjøres også med tallene i figuren over, slik at det er mulig å regne ut døgnlig energiforbruk. Videre antas det nok en gang at motorene kjøres kontinuerlig i løpet av døgnet slik at

energibruken kan divideres med 24 for å oppnå effekten inn i fartøyet. De døgnlige drivstofforbrukene kan dermed regnes om til effekten drivstoffet leverer inn i motorene slik det er vist i diagrammet i figur 64.

Effekt inn i motorene gjennom drivstoffet

	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Løving
Hovedmotor	1511 kW	1070 kW	645 kW	1521 kW	0 kW
Hjelpemotorer	228 kW	0 kW	0 kW	252 kW	244 kW
Sum	1739 kW	1070 kW	645 kW	1773 kW	244 kW

Figur 64: Figuren viser estimert effekt inn i motorene gjennom motorenes drivstoff.

Med utgangspunkt i tall hentet fra den tidligere nevnte rapporten fra SINTEF og som er illustrert i figur 61 kan det antas at omtrentlig 30 % av drivstoffets energi frigis gjennom avgassene i form av varme [22]. Det er sannsynlig at dette tallet vil variere noe ettersom hovedmotoren under de forskjellige tilstandene kjøres på svært ulik last, hvilket er antatt vil endre den mekaniske virkningsgraden. Om for eksempel den mekaniske virkningsgraden minker kan det antas at mer energi vil omformes til varme i avgassene. Man holder seg her likevel til å anta at 30 % av drivstoffets energi vil slippes ut som varme i avgassene da det tilsynelatende er et moderat utsagn. Hvis en multipliserer samtlige tall i figuren over med 30 % får en diagrammet som vises i figur 65.

Estimert effekt som slippes ut som varme i avgassene

	Steaming	Setting line	Haling line	Steaming med last	Løving
Hovedmotor	453 kW	321 kW	193 kW	456 kW	0 kW
Hjelpemotorer	68 kW	0 kW	0 kW	76 kW	73 kW
Sum	521 kW	321 kW	193 kW	532 kW	73 kW

Figur 65: Figuren viser estimert effekt som slippes ut som varme med avgassene.

Det var ikke mulig å finne inngående informasjon om de forskjellige kommersielle teknologiene, men ut ifra data som ble undersøkt i forbindelse med teori rundt ORC syntes det fornuftig å anta en virkningsgrad på rundt 10 % for noen aktuelle teknologier. Hvis man også antar at systemet som leveres vil være designet til å avgi en konstant elektrisk effekt vil det være hensiktsmessig å ta utgangspunkt i tilgjengelig varme under haling av line. Grunnen til dette er at haling av line er den tilstanden som er definitivt mest tidskrevende. I tillegg er haling av line den tilstanden med minst varme tilgjengelig i avgassene, slik at denne setter nedre grense for mulig kontinuerlig effekt for samtlige fisketilstander. Avgassene i oppgavens autolinefartøy inneholder tilsynelatende for lite energi til at General Electric sitt system kan brukes, men det kan tenkes at teknologier liknende de produsert av Voith er passende. Figur 66 viser en fremstilling av Voith sitt system Steamdrive 30, som kan generere opptil 30kW elektrisk effekt fra overskuddsvarme. Systemet er 2,0 meter bredt, 1,8 meter høyt og 0,8 meter dypt [66].



Figur 66: Figuren viser en illustrasjon av SteamDrive 30, et av Voith sine systemer for generering av elektrisitet[69].

Som et nedre estimat kan det antas at det er mulig å installere et system, liknende SteamTrac/SteamDrive fra Voith[67], som konstant generer 15 kW elektrisk strøm sammenhengene under de fire tilstandene hovedmotoren kjører. Systemet får da en netto elektrisk virkningsgrad på rundt 8 % under haling av line og rundt 3 % under steaming. Som et øvre, men fortsatt ikke urealistisk, estimat kan det antas at det er mulig å installere et system som konstant leverer 20 kW elektrisk effekt. Voith reklamerer med at en gassturbin på 250 kW produserer nok overskuddsvarme til å hente ut 20 kW ekstra effekt med sitt SteamTrac/SteamDrive system, og det er da ikke utenkelig at en marin dieselmotor med omtrent 645 kW varme inn i systemet slipper ut omtrentlig samme mengde varme i avgassene.

Når det antas at hovedmotoren kjører 24 timer i døgnet og at fartøyene i utvalget av autoline i gjennomsnitt tilbringer 322 døgn i steaming, setting av line og haling av line, betyr dette at det kan genereres elektrisitet fra avgassene 7 728 timer i året. Dette betyr også at en generator på 15 kW vil være i stand til å generere 115 920 kWh i løpet av et år. En generator på 20 kW vil være i stand til å levere 154 560 kWh i løpet av et år.

For å finne ut hvor mye drivstoff skipets motorer vanligvis ville benyttet på å generere denne mengden strøm antas det at fartøyets motorer og elektriske generatorer har en elektrisk effekt på 45 %. Det må her igjen presiseres at dette er ganske forsiktige estimater, med tanke på at for eksempel SINTEFrapporten som tidligere er referert antar en mekanisk virkningsgrad på en moderne forbrenningsmotor til å være rundt 40 % [22], og Wärstilä på sine relativt moderne 6L20 motorer oppgir en elektrisk effektivitet på 42 % [70].

$$\text{Nødvendig energi for å generere 15 kW i 322 døgn} \approx \frac{115\,920 \text{ kWh}}{0,45} \approx 257\,600 \text{ kWh}$$

Formel 50: Formelen viser estimat på hvor mye en middels effektiv motor om bord et fartøy ville behøvd for kontinuerlig å generere 15 kW under hele fisket.

$$\text{Nødvendig energi for å generere 20 kW i 322 døgn} \approx \frac{154\,560 \text{ kWh}}{0,45} \approx 343\,467 \text{ kWh}$$

Formel 51: Formelen viser estimat på hvor mye en middels effektiv motor om bord et fartøy ville behøvd for kontinuerlig å generere 20 kW under hele fisket.

Hvis en igjen antar at én liter drivstoff inneholder 10,1 kWh kan en sammen med resultatene fra formel 50 og formel 51 finne at en motor ville behøvd omtrentlig 25 500 liter drivstoff i løpet av fisket for kontinuerlig å generere 15 kW elektrisk effekt under steaming, setting av line og haling av line. For å generere 20 kW elektrisk effekt ville motoren behøvd omtrent 34 000 liter drivstoff. Ved igjen å anta at fartøyet betaler kr 3 per liter drivstoff kan man dermed anta at det er mulig å spare drivstoff for mellom kr 76 500 og 102 000 kroner årlig på å installere et system som generer strøm fra overskuddsvarme fra hovedmotoren. Dette tilsvarer omtrent 3 % til 4,5 % av totalt drivstofforbruk.

Resultater og diskusjon

Det ble i foregående kalkulasjoner beregnet at et autolinefartøy, basert på gjennomsnittsdata fra oppgavens datagrunnlag, ved å installere en teknologi for å gjenvinne energi fra overskuddsvarme kan spare mellom 25 500 liter til 34 000 liter drivstoff, som tilsvarer rundt 4 % av totalt drivstofforbruk. Kalkulasjonene baserer seg på at det er installert akselgenerator slik at overskuddsvarmen i stor grad er konsentrert i avgassene fra én enkelt motor under størstedelen av fisket. Kalkulasjonene er ellers relativt konservative og det er i stor grad unngått overoptimistiske anslag hva gjelder virkningsgrad for generatorer og varme i avgasser. Blant annet er det helt sett vekk fra at det kan være mulig å generere større elektrisk effekt under steaming ettersom drivstofforbruket i hovedmotor da er større, samt at det ikke ble tatt hensyn til varme i kjølevann og fra hjelpemotorer. Det vil være mulig å få høyere anslag om en også medregner energi som frigis gjennom hovedmotorens kjølevann, eller energi i avgasser og kjølevann fra hjelpemotorer.

For å beslutte om en eventuell investering er lønnsom er det nødvendig å få en total oversikt over endringer i inntekter og kostnader som følge av investeringen. Å installere et system som skal hente varme fra avgasser og generere strøm av denne varmen kan fort være et komplisert system som krever store investeringskostnader og vedlikeholdskostnader. Det må likevel presiseres at enkelte fabrikanter av denne typen utstyr reklamerer med at utstyret har måtelige investeringskostnader og at det generelt tar kort tid før investeringen er tilbakebetalt [64, 67]. Det har likevel ikke vært mulig å få konkrete prisestimater på teknologier liknende de brukt i beregningene. Imidlertid er det en artikkel som antar at investeringskostnadene forbundet med ORC anlegg av tilsvarende størrelse vil ligge på mellom \$ 1500 til \$ 2000 per kW installert effekt. Hvis man bruker tallet \$ 2000 vil det si at anlegget med dagens kurser (1\$ er omtrent kr 6) kan komme på rundt kr 180 000 til kr 240 000 og dermed ta 2- 3 år å tilbakebetale om en utelukkende baserer seg på potensiell besparelse i drivstofforbruk.

Det er ikke hensiktsmessig å benytte seg av presise investeringskalkyler ettersom de potensielle besparelsene er beregnet såpass grovt, men ved for eksempel å se på tilbakebetalingstid og mulige besparelser er det mulig å gi et rundt anslag på hvor mye investeringene kan koste for å være lønnsomme. De nedre estimater for mulig besparelse på drivstoff er 9 660 liter drivstoff for installasjon av akselgenerator og 25 500 liter drivstoff ved omforming av overskuddsvarme til 15 kW elektrisitet. De øvre estimatene for reduksjon av drivstofforbruk er på 19 780 liter drivstoff for installasjon av akselgenerator og 34 000 liter drivstoff ved omforming av overskuddsvarme til 20 kW elektrisitet. Hvis man antar en gjennomsnittlig drivstoffpris på kr 3 per liter i tilbakebetalingstiden kan en si at investeringen tilbakebetales med mellom kr 104 000 og 160 000 årlig. Hvis det er ønskelig å ha investeringen tilbakebetalt i løpet av fem år, og en ser vekk fra mulige økte vedlikeholdskostnader eller andre endringer i kostnader er investeringen lønnsom dersom den totale prisen på både akselgenerator og energigjenvinning kommer på mellom kr 520 000 til kr 800 000. Hvis det er sant at en energiomformer som gjenvinner overskuddsvarmen koster omtrent kr 12 000 per kW kan selve akselgeneratoren inkludert installasjon koste mellom kr 340 000 og kr 560 000. Ettersom driftskostnadene vil endres grunnet noe redusert behov for vedlikehold på hjelpemotorer og noe økt behov for vedlikehold på hovedmotor, akselgenerator og utstyret for å gjenvinne varme vil dette endre prisintervallet for hvor mye utstyret og installasjonen kan koste og fremdeles være lønnsom. Generelt kan en si at en økt drivstoffpris, reduserte driftskostnader, ytterligere senket drivstofforbruk og lengre tilbakebetalingstid vil gjøre investeringen mer lønnsom og dermed gjøre det mulig å øke prisen på investeringen, mens det motsatte er tilfelle for motsatte forhold. I drivstoffkostnadene bør også avgifter knyttet til utslipp av klimagasser regnes. Om teknologiene fører til at det slippes ut mindre NOx vil dette redusere avgiftene knyttet til forbruket av drivstoff.

Igjen må det også legges vekt på at tilbakebetalingstiden kun er en grov beregningsmetode for estimere i hvor stor grad potensielle investeringer er lønnsomme eller ulønnsomme. Hvis en har tilgang til mer nøyaktig informasjon om kostnader og endringer i drivstofforbruk vil det være mer hensiktsmessig å benytte seg av metoder som for eksempel beregner netto nåverdien til investeringen. En tar i så fall også hensyn til fremtidig kontantstrøm, eventuelle endringer i driftskostnader, renter og endring av pengers verdi over tid [71].

I likhet med beregningene gjort for akselgenerator er det flere av antakelsene som er gjort for omforming av elektrisitet fra overskuddsvarme som kan inneholde feil. Blant annet kan det ha vært optimistisk å anta at varmen i avgassene tilsvarer 30 % av energien inn i systemet og at det er mulig å omforme 10 % av denne til elektrisitet. Til gjengjeld kan det også hende at det var noe pessimistisk å anta fartøyet generer elektrisitet med en effektivitet på 45 % prosent. Om denne effektiviteten er lavere vil det medføre at energigjenvinning fra overskuddsvarmen kan være mer lønnsomt. I praksis vil nok de ulike autolinefartøy ha ulike motorer som enten passer bedre eller dårligere til antakelsene og forenklingene som er gjort i løpet av beregningene.

Videre kan det være diverse tekniske hinder for å installere et system som skal generere elektrisitet fra overskuddsvarmen. Blant annet vil svovel fra drivstoffet utfelles i eksossystemet om avgassene kjøles ned til 160 °C og lavere [22]. Annen problematikk kan være at det er begrenset med plass i fartøyet, det kan være systemet ikke tåler bevegelsene et fiskefartøy utsettes for eller at det finnes juridiske begrensinger på hva som kan installeres i fartøy. Det er også en viss mulighet for at motorene kjøres vesentlig mindre jevnt enn hva gjennomsnittsdata antyder hvilket lett kan redusere driftstiden eller virkningsgraden til det installerte utstyret.

Beregningene er basert på at det ble besluttet å installere en akselgenerator. Uten akselgeneratoren vil en ha behov for et mer komplisert system der varme også hentes fra hjelpemotorer og kjølevann for å gi systemet for energigjenvinning like stort ressursgrunnlag. I denne sammenheng må det også kommenteres at et av hovedpoengene med å installere en akselgenerator var å senke det spesifikke drivstofforbruket ved å legge høyere last på hovedmotoren. Etter en installasjon av systemet for å generere ekstra elektrisitet fra varme i avgassene kan det hende at det spesifikke drivstofforbruket igjen senkes, ettersom litt av elektrisitet inn på fartøyets nett kommer fra andre kilder enn hovedmotoren. Dette er sett vekk ifra i beregningene, men bør studeres før eventuell investering i teknologiene.

Det er igjen hentet inn informasjon fra andre organisasjoner for å sammenlikne beregninger av lønnsomhet ved installering av energisystemet. Blant de som har publisert informasjon om lønnsomhet ved generasjon av elektrisitet fra overskuddsvarme i marine fartøy er SINTEF og

Wärtsilä. SINTEF konkluderer med at et slikt system har gode muligheter for å være en lønnsom investering i større fiskefartøyer. De har derimot lagt opp til vesentlig høyere investeringskostnader enn benyttet i denne oppgaven, men også vesentlig høyere potensiell virkningsgrad. Det ble imidlertid lagt vekt på at systemene som fantes på tiden da rapporten var skrevet muligvis er for store til å sette inn i fiskefartøyer [22].

Wärtsilä konkluderer med at installasjon av system for gjenvinning av energi fra varme vil være lønnsomt for større skip og at investeringen knyttet til systemet vil være tilbakebetalt i løpet av fem år [72]. Imidlertid har containerskipet i deres eksempel en motorkraft i størrelsesorden 1 000 ganger større enn autolinefartøyet behandlet i denne teksten og det er dermed ikke direkte sammenliknbart med fartøyet i denne oppgaven.

Installasjon av et system for energigjenvinning fra overskuddsvarme ser sammen med en installasjon av akselgenerator ut til å ha potensial for å redusere drivstofforbruket i et gjennomsnittlig autolinefartøy, basert på dataene i datagrunnlaget. Akkurat som for beregningene på akselgenerator alene viste informasjonen fra kalkulatoren seg å være relativt grov. Det måtte gjøres noen antakelser angående termiske, mekaniske og elektriske virkningsgrader. Likevel gir verktøyet inntrykk av å gi informasjon som er detaljert nok til i grove trekk å danne seg et inntrykk av hvilke investeringer som kan være lønnsomme.

Ved hjelp av andre del til denne oppgaven er det dermed bekreftet at verktøyets utdata vil kunne gi en pekepinn på hvilke områder i et gitt fiskefartøy som energimessig har effektiviseringspotensiale. Imidlertid ble det i denne oppgaven bare fokusert på data knyttet til drivstofforbruket i motorene. Det er et håp at kalkulatoren også skal kunne inspirere til å undersøke investeringer i skipets elektriske utstyr og/ eller ved optimalisering av driftsprofiler, men det har ikke vært anledning til å teste om oppgavens utdata gir relevant informasjon til disse formål.

Konklusjon

Denne oppgaven har behandlet energibruk i fiskerieringen. Innledningsvis ble ressursbruk i fiskesammenheng gjennomgått. Det ble konstatert at fisk er en næringskilde som potensielt kan fanges med relativt akseptabel bruk av drivstoff, men at det finnes økologiske begrensninger på hvor mye fisk som årlig kan fanges uten at ressursgrunnet forringes.

Moderne fiskefartøy er helt avhengige av fossilt brensel og det har vært et ønske i denne oppgaven å bidra til at drivstofforbruket i fiskerieringen kan reduseres. Selv denne næringen ikke nødvendigvis er karakterisert av høyt spesifikt energiforbruk, finnes likevel gode økonomiske og miljømessige grunner til å redusere bruken av fossilt brensel i fiskefartøy.

Det ble i oppgaven besluttet å fokusere på fiskefartøy som benytter redskapet autoline. Grunnen til at denne gruppen ble valgt er at linefiske er et relativt bærekraftig fiskeredskap økologisk sett, men som energimessig har et visst forbedringspotensial. I tillegg viste det seg at det var mulig å finne detaljert og systematisk informasjon om drivstofforbruk i et utvalg norske autolinefartøy.

For å gi brukere av autolinefartøy en bredere forståelse av drivstofforbruket under fiske er det utviklet et verktøy, basert på Microsoft Excel, som skal systematisere informasjon om hvilke motorer, hvilke deler av utstyret og hvilke driftstilstander som driver drivstofforbruket. I verktøyet er det også lagt inn data fra allerede kartlagte autolinefartøy som brukarfartøyet skal sammenliknes med.

Utviklingen av regneverktøyet har vært oppgavens hovedformål og en relativt stor del av oppgaven beskriver hvordan verktøyet er satt opp, og hvordan cellene i de ulike regnearkene er koplet mot hverandre.

Det ble dessverre ikke anledning til å teste verktøyet på et ekte autolinefartøy, eller teste det i samarbeid med brukere av et autolinefartøy. Det er derfor noe usikkert om verktøyet fungerer slik det skal og det er usikkert om det er satt opp på en slik måte at det etterspør informasjon som vites av ordinære brukere av autolinefartøy.

For å teste om verktøyet gir utdata som er interessante med tanke på energieffektivisering av fartøy ble det foretatt en enkel analyse av fartøyene som er lagt inn som datagrunnlag. Det viste seg at verktøyet systematisering av informasjon avslørte forhold om bruk av hovedmotor og hjelpemotorer som kunne være interessant å se nærmere på.

Opgaven ble således delt i to deler, slik at første del behandler utvikling og design av regneverktøyet i tillegg til en gjennomgang av drivstofforbruket til fartøyene i verktøyet

datagrunnlag, mens andre del benytter informasjon gitt av regneverktøyet til å behandle to mulige energieffektiviserende teknologier.

Første del blir dermed konkludert med at regneverktøyet tilsynelatende kan være behjelpelig for å inspirere til redusert drivstofforbruk i autolinefartøy, men at verktøyet trenger mer tid til å testes og utbedres før det vil kunne konkluderes med at det faktisk fungerer som det skal. Ved gjennomgang av utvalget av autolinefartøy blir det også avslørt tendenser til at fartøyene i datagrunnlaget ikke kjører sine motorer optimalt med tanke på spesifikt drivstofforbruk. I denne sammenheng blir det foreslått at installasjon av akselgenerator kan føre til at hovedmotoren kjøres mer drivstoffeffektivt ved samtidig å bidra til å dekke en del av fartøyets elektrisitetsbehov. Det blir også foreslått at det kan implementeres teknologi for å generere elektrisitet fra varmen i hovedmotorens avgasser.

Andre del av oppgaven går ut på å benytte informasjon hentet fra kalkulatoren om drivstofforbruk under de ulike driftstilstander, i ulike motorer, til å beregne mulige besparelser ved installasjon av akselgenerator og et system for å generere elektrisitet fra overskuddsvarmen.

Ved hjelp av systematisert informasjon fra regneverktøyet, en del forenklinger og raske studier av aktuelle teknologier ser det ut til at et gjennomsnittlig autolinefartøy totalt kan spare mellom 1 % og 3 % av sitt totale drivstofforbruk ved installasjon av akselgenerator og ytterligere 4 % ved implementering av teknologi for produksjon av elektrisitet med overskuddsvarmen. Lønnsomheten i prosjektene er imidlertid avhengig av mange faktorer som investeringskostnader, endring i drivstoffkostnad over tid, endring av driftskostnader og mye annet. Det blir dermed anbefalt å utføre mer detaljerte kalkulasjoner før eventuelle investeringsbeslutninger tas.

Forslag til videre arbeid

Først og fremst vil det være interessant å samarbeide med brukere av autoline for å ferdigstille kalkulatoren slik at det kan bekreftes, eventuelt avkreftes, at den fungerer slik den bør. Det kan også være interessant å gjøre en undersøkelse på om hvorvidt et regneverktøy, slik det er utviklet i denne oppgaven, faktisk vil være behjelpelig med å redusere drivstofforbruket på et virkelig fartøy.

I sammenheng med forbedring av verktøyet vil det fra forfatterens side være ønskelig å undersøke hvordan en best mulig kan ta hensyn til forskjellen i drivstofforbruk i et fartøy på bakgrunn av om det allerede har installert autoline, eller ikke. Det blir betraktet som en av kalkulatorens svakheter at beregningen av drivstofforbruk i fartøy som allerede benytter akselgenerator ikke er blitt gjennomført med større nøyaktighet.

I kalkulatoren kunne det også vært interessant å automatisere en beregning av de potensielle besparelsene ved installasjon av de diskuterte teknologiene. Dette kunne gjøres ved at man i et ekstra ark i kalkulatoren for eksempel legger inn celler som beregner reduksjonen i drivstofforbruk under de ulike tilstandene og i de ulike motorene på bakgrunn av inntastet last, drivstofforbruk og virkningsgradskurver for motorene. Besparelsen i drivstofforbruk kan da også bli gitt som besparelse i drivstoffutgifter på bakgrunn av fartøyets inntastede pris på drivstoff.

Videre kan det være interessant å modifisere verktøyet til å kunne gjelde andre fartøy enn autoline. Det finnes mange fartøyer som benytter seg av ganske ulike fiskeredskaper og en kan anta at det finnes potensial for å redusere drivstofforbruk også i de andre fartøygruppene.

Det kan også være interessant å gjøre en nøyaktig studie på potensielle besparelser ved installasjon av akselgenerator og et system for generering av elektrisitet fra overskuddsvarme i et ekte autolinefartøy.

Referanser

1. Worldometers. *Current World Population*. [cited 2013 13.05]; Available from: <http://www.worldometers.info/world-population/>.
2. International Energy Agency, *World Energy Outlook 2010*. 2010.
3. Det Norske Veritas AS, *technology outlook 2020*. 2011.
4. European Renewable Energy Council and Greenpeace, *Energy [R]evolution- A Sustainable World Energy Outlook*, 2010.
5. Norske Sjømatbedrifters Landsforening, *Hav og Helse. Sjømat- positive helseeffekter og næringsinnhold.*, 2008.
6. Norges sjømatråd. *Fakta om fisk og skalldyr*. [cited 2013 14.05]; Available from: <http://www.godfisk.no/Sj%C3%B8matskolen>.
7. Store Norske Leksikon. *Proteiner - ernæring*. [cited 2013 15.03]; Available from: <http://snl.no/proteiner/ern%C3%A6ring>.
8. Store Norske Leksikon. *og ernæring kosthold*. [cited 2013 15.03]; Available from: http://snl.no/sml_artikkel/og_ern%C3%A6ring_kosthold.
9. Food and Agriculture Organization of The United Nations, *The State of World Fisheries and Aquaculture*, 2012.
10. Levitt, T. *Overfished and under-protected: Oceans on the brink of catastrophic collapse*. CNN.com 2013 [cited 2013 15.04]; Available from: <http://edition.cnn.com/2013/03/22/world/oceans-overfishing-climate-change/>.
11. Amos, J. *Large fish 'may follow dinosaurs'*. BBC.co.uk 2003 [cited 2013 15.04]; Available from: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3028251.stm>.
12. WWF. *Sjømatguiden 2012*. 2012 [cited 2013 16.04]; Available from: http://www.wwf.no/dette_jobber_med/hav_og_kyst/baerekraftige_fiskerier/sjomatguiden_2012/.
13. WWF. *Bifangst*. [cited 2013 16.04]; Available from: http://www.wwf.no/dette_jobber_med/hav_og_kyst/baerekraftige_fiskerier/bifangst/.
14. Suuronen, P., et al., *Low impact and fuel efficient fishing- Looking beyond the horizon*. Fisheries Research, 2011.
15. Fiskeridirektoratet. *Kvoter*. [cited 2013 16.04]; Available from: <http://www.fiskeridir.no/noekkelord/villfisk-skalldyr-og-planter/reguleringer-villfisk-skalldyr-og-planter/kvoter>.
16. Fiskeridirektoratet, *Lønnsomhetsundersøkelse for fiskeflåten 2011*. 2012.

17. Fiskeridirektoratet, *Beskrivelse av relevante fiskeredskap og fiskeriaktivitet i Norges økonomiske sone*. 2010.
18. Tyedmers, P., *Energy consumed by North Atlantic Fisheries*. 2001.
19. Havforskningsinstituttet. *Tobis*. [cited 2013 14.05]; Available from: <http://www.imr.no/temasider/fisk/tobis/nb-no>.
20. Tyedmers, P., *Fisheries and Energy Use*, in *Encyclopedia of Energy* 2004.
21. Pedersen, R., *Fremtidens Tråler- Sluttrapport*, 2009, SINTEF Fiskeri og Havbruk AS.
22. Ellingsen, H. and M. Lønseth, *Energireducerende tiltak innen norsk fiskeri*. 2005.
23. Høyvik, K.A., *Autoline- En norsk innovasjon*. Norsk Fiskerinæring, 2012. 2.
24. Gill, V. *Seabirds such as albatrosses killed by longline fishing*. 2011 [cited 2013 17.04]; Available from: <http://www.bbc.co.uk/nature/13681684>.
25. Havforskningsinstituttet. *Notfiske*. 2011 [cited 2013 17.04]; Available from: http://www.imr.no/temasider/redskap_og_teknologi/not_1/notfiske/nb-no.
26. Store Norske Leksikon. *Not*. [cited 17.04 2013]; Available from: <http://snl.no/not>.
27. Norges Fiskerimuseum. *Fortellinger om kyst- Norge*. [cited 2013 22.04]; Available from: <http://www.kyst-norge.no/?k=2909&id=13683&aid=6324&daid=1779>.
28. Havforskningsinstituttet. *Kolmule*. [cited 2013 14.05]; Available from: <http://www.imr.no/temasider/fisk/kolmule/nb-no>.
29. Store Norske Leksikon. *Garn- fiskegarn*. [cited 2013 22.04]; Available from: <http://snl.no/garn/fiskegarn>.
30. NESBAKK AS. *Specifications and equipment*. [cited 2013 14.05]; Available from: <http://www.nesbakk.com/>.
31. MarineTraffic.com. *NESBAKK*. [cited 2013 14.05]; Available from: <http://www.marinetraffic.com/ais/no/shipdetails.aspx?MMSI=259647000>.
32. Tyedmers, P., R. Watson, and D. Pauly, *Fueling Global Fishing Fleets*. 2005.
33. Wärtsilä, *Boosting energy efficiency*, 2009.
34. Varian, H., *Intermediate Microeconomics- A Modern Approach*. 2010.
35. Hamilton, J., *Understanding Crude Oil Prices*. 2008.
36. Erwin M Schau, et al., *Energy consumption in the Norwegian fisheries*. 2008.
37. Store Norske Leksikon. *Gøteborg- protokollen*. [cited 2013 13.05]; Available from: <http://snl.no/G%C3%B6teborg-protokollen>.
38. Statens forurensingstilsyn and Miljøverndepartementet, *Et gløtt av sol bak sure skyer- Internasjonal avtale gir renere norsk natur*, 2000.

39. United Nations Economic Commission for Europe. *Parties to UNECE Air Pollution Convention approve new emission reduction commitments for main air pollutants by 2020*. 2012 [cited 2013 13.05]; Available from: <http://www.unece.org/index.php?id=29858>.
40. Store Norske Leksikon. *Svoveloksider*. [cited 2013 17.04]; Available from: <http://snl.no/svoveloksider>.
41. Næringslivets Hovedorganisasjon. *Hva er NOx*. [cited 2013 17.04]; Available from: <http://www.nho.no/hva-er-nox/category469.html>.
42. COWI AS avd. Tromsø and Norges Fiskarlag, *Bransjetall fra Fiskeflåten året 2009- oljeforbruk/ fangst for ulike fartøysgrupper*, 2009.
43. John Ingar Jenssen, Eskil Selvåg, and Øystein Dale, *Resultater Energinettverk Fiskeflåte 2009- - Autolineflåten*, 2010.
44. John Ingar Jenssen, Frank Nilsen, and Øystein Dale, *Resultater Trålerflåten 2006 Energinettverk Fiskeflåte*. 2007.
45. Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond. *EFFEKT: Energinettverk fiskeflåte - energisparende og konkurransefremmende tiltak*. 2013 [cited 2013 19.03]; Available from: <http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900701>.
46. COWI. *Effektprogrammet*. 07.03.2012 [cited 2013 22.03]; Available from: <http://www.cowi.no/menu/Prosjekter/industri/industri/maritimteknologi/Pages/Effekt.aspx>.
47. Teknisk Ukeblad Media AS. *Diesel, mer populært enn noengang*. [cited 2013 27.03]; Available from: <http://energilink.tu.no/no/diesel.aspx>.
48. MAN Diesel & Turbo, *Marine Engine IMO Tier II Programme 2013*. 2013.
49. Gram, T. *Vil utnytte industrienergi bedre*. 2009 [cited 2013 29.04]; Available from: <http://www.tu.no/industri/2009/03/25/vil-utnytte-industrienergi-bedre>.
50. Eleftherios K. Dedes, Dominic A. Hudson, and Stephen R. Turnock, *Assessing the potential of hybrid energy technology to reduce exhaust emissions from global shipping*. 2012.
51. Wärtsilä, *Wärtsilä 20 Product guides*. 2009.
52. Caterpillar, *Marine engine selection guide*. 2011.
53. Store Norske Leksikon. *Elektrisk maskin*. [cited 2013 02.05]; Available from: http://snl.no/elektrisk_maskin.
54. MAN Diesel & Turbo, *Shaft Generators Power Take Off From the Main Engine*. 2004.
55. J Prousalidis, et al., *Studying ship electric energy systems with shaft generator*. 2005.
56. Rolls Royce, *Hybrid shaft generator propulsion system upgrade*, 2010.
57. Toll- og avgiftsdirektoratet, *Avgift på utslipp av NOx*, 2013.
58. Gequn Shu, et al., *A review of waste heat recovery on two- stroke IC engine aboard ships*. 2012.

59. Charles Sprouse III and Christopher Depcik, *Review of organic Rankine cycles for internal combustion engine exhaust waste heat recovery*. 2012.
60. Calnetix Technologies LLC. *Thermapower™ Organic Rankine Cycle (ORC) Modules*. [cited 2013 13.05]; Available from:
http://www.calnetix.com/calnetix_thermapowerorganicrankine.html.
61. T C Chung, T Y Shai, and S K Wang, *A review of organic Rankine cycles (ORCs) for the recovery of low- grade waste heat*. 1997.
62. H Leibowitz, I K Smith, and N. Stosic, *Cost effective small scale orc systems for power recovery from low grade heat sources*. 2006.
63. General Electric. *HRS Clean Cycle* Heat-to-Power Generator 125 kW*. [cited 2013 03.05]; Available from: http://www.ge-energy.com/products_and_services/products/heat_recovery_solutions/GE_Heat_Recovery_Solutions_Clean_Cycle.jsp.
64. General Electric, *Heat Recovery Solutions Clean Cycle 125 kW*, 2012.
65. Voith. *Waste Heat Recovery*. [cited 2013 03.05]; Available from:
<http://www.voith.com/en/products-services/power-transmission/waste-heat-recovery-10360.html>.
66. Voith, *Waste Heat Recovery for Cogeneration Units. Steamtrac/ Steamdrive*. 2012.
67. Voith, *Reducing Consumption and Emissions. Steamtrac/ Steamdrive*. 2012.
68. Voith, *Waste Heat Recovery for Rail Vehicles. SteamTrac System*. 2012.
69. CRC Energy GmbH. *CRC-Kleinkraftwerke 20/30 kW*. [cited 2013 14.05]; Available from:
<http://www.crcenergy.de/website.php?id=/de/index/produkte/20-30kw.htm>.
70. Wärtsilä. *Wärtsilä 20*. [cited 2013 03.05]; Available from:
<http://www.wartsila.com/en/engines/medium-speed-engines/wartsila20>.
71. Hoff, K.G., *Driftsregnskap og budsjettering*. 2010.
72. Wärtsilä, *Waste Heat Recovery (WHS): Fuel saving with less emissions*, 2007.