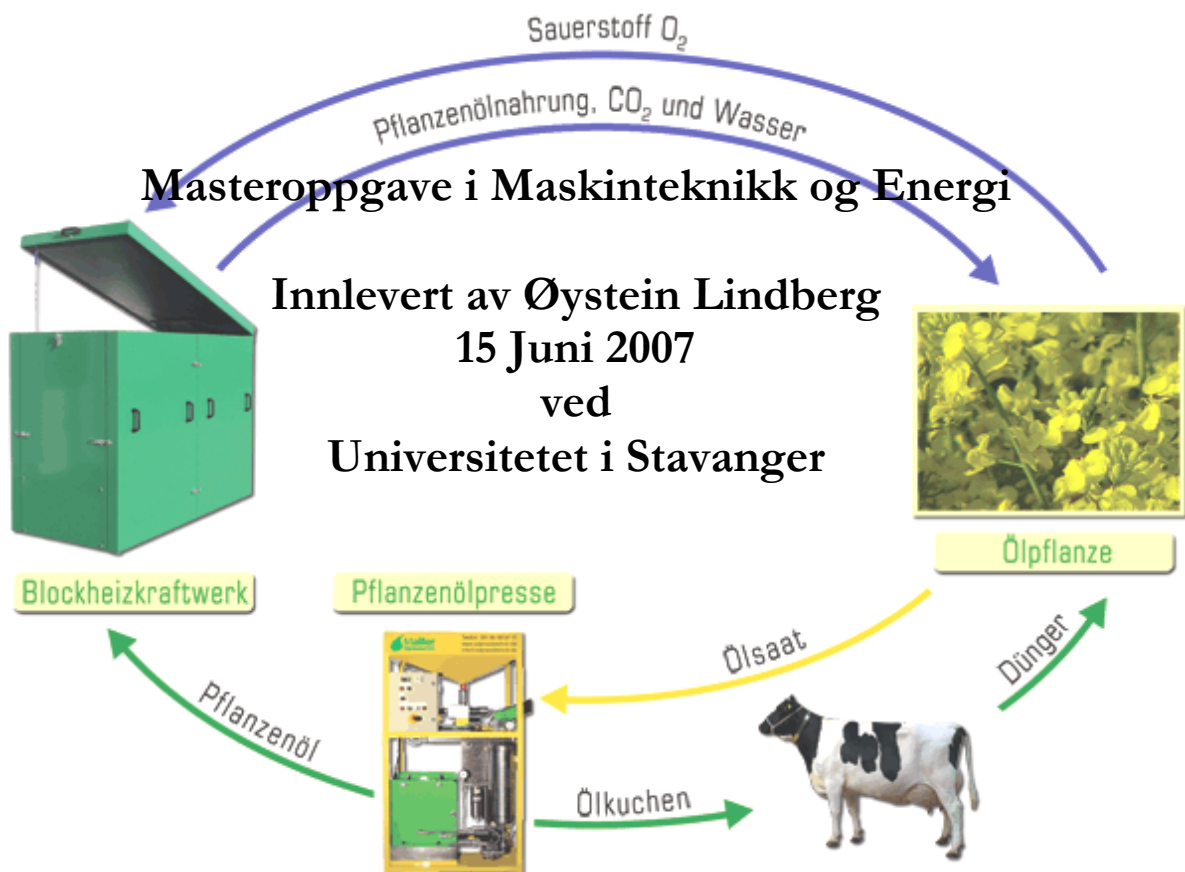


ENERGIPRODUKSJON VED BRUK AV SMÅ KOGENERERINGSANLEGG.

FOKUS PÅ INSTRUMENTERING OG MILJØ.



FORORD

Denne oppgaven markerer slutten på 17 års kontinuerlig utdanning. Jeg har helt siden begynnelsen av ungdomsskolen hatt interesse for energi, miljø og tekniske ting. Mitt studium innen maskinteknikk har i stor grad stemt overens med mine interesser.

Min naturfaglærer på Sola Ungdomsskole sa det slik; "Det vil bli mer fokus på energi i fremtiden. Minst én av dere som sitter her kommer til å jobbe med energi når dere er ferdig utdannet." En av disse personene ble meg.

Temaene instrumentering, virkningsgrader og biodrivstoff har jeg tidligere behandlet i kandidatoppgave og prosjektoppgave. En kombinasjon av dette og min interesse for energi, miljø og tekniske ting, ble årsaken til at jeg valgte å skrive om kogenerering.

Temaet for denne masteroppgaven er særdeles aktuelt i forhold til den debatt som raser om klima i Norge og resten av verden.

Da oppgaven ble tatt ut var det meningen at jeg skulle utføre tester på et kogenereringsanlegg hos Lyse i Stavanger. Det ble lagt ned en del arbeid for å skaffe måleutstyr. I begynnelsen av februar ble det klart at dette ikke var mulig, og det ble avtalt at jeg skulle få utføre tester på anleggene til Statoil på Mongstad. Dette kunne dessverre ikke bli utført før i midten av mars, og det virket veldig forstyrrende på fremdriften til oppgaven. Fordelen med et besøk på Mongstad ble at jeg fikk bedre grunnlag for å sammenligne instrumenteringen på testanlegg og driftsanlegg.

Det var også et stort problem å skaffe røykgassmålinger for E85 og biodiesel. Mange forsøk på å skaffe dette i Norge og Europa ga nesten ikke resultat. Måling for E85 fikk jeg fra Sverige, og for biodiesel måtte jeg bruke målinger foretatt i USA for noen år siden. Det hadde vært ønskelig å basere oppgaven på flere røykgassmålinger for hvert av drivstoffene, men jeg fant ikke flere målinger.

Helt i slutten av oppgaven fant jeg noen målinger fra Østerrike som kunne blitt benyttet, men det var for sent å ta dem med i denne oppgaven.

Jeg vil takke Kåre Bærheim, som har vært min faglig ansvarlig ved UiS, for særdeles godt samarbeid i forbindelse med denne masteroppgaven!

Det ble ved oppstart av oppgaven i praksis ikke tildelt noen ekstern veileder for utførelsen av denne oppgaven, men i praksis var det tre personer som har delvis fungert som veiledere.

Jeg vil takke spesielt Frode Kvinge ved Statoil PKS Mongstad, for hjelp til å utføre tester ved anlegg på Mongstad, og for å ha vært svært hjelpsom med å besvare spørsmål angående anleggene.

Jeg vil også takke Rolf Egnell ved Lunds Universitet i Sverige, for å ha vært svært hjelpsom med å besvare spørsmål om motorer og ulike drivstoff, og Thor Martin Svartaas ved UiS, for å vært svært hjelpsom med å besvare spørsmål angående røykgassmålinger og beregninger.

SAMMENDRAG

Første del av denne rapporten beskriver instrumentering som i dag benyttes på EC Power kogenereringsanlegg, og hvordan de ved hjelp av denne instrumenteringen regulerer systemet.

Ved bruk av andre typer drivstoff enn de tradisjonelle, er det behov for å bruke kogenereringsanlegg som testanlegg. Rapporten belyser en del krav som bør stilles til et testanlegg relativt til studert driftsanlegg. Fra et testanlegg bør det være mulighet til å kontinuerlig lese av informasjon om virkningsgrader, og informasjon om komposisjon til røykgass bør kunne hentes fram over en bestemt tid. For å kunne vurdere utvikling og respons til et testanlegg, må flere parametere kunne logges til fil. Det bør være mulig styre lastnivået til anlegget uten at det er begrensende faktorer som lavt varme eller elektrisitetsforbruk.

Varmeproduksjon måles på ulike måter og med ulik nøyaktighetsgrad. På testanlegg er det viktig med nøyaktighet og pålitelighet til målinger som utføres. Forskjell i måleresultat for varmeproduksjon viser at Corriolesmåler bør benyttes for måling av vannstrøm.

Ved energistrømberegninger og kontroll av målesystem er det viktig at referansenivå for temperaturer blir målt. Det er spesielt viktig at luftens temperatur, og røykgassens temperatur blir målt kontinuerlig. Røykgassens temperatur er også en viktig parameter for varmevirkningsgraden til kogenereringsanlegg.

Det er viktig at informasjon og styringsmuligheter er lett tilgjengelig og oversiktlig. På Mongstad er dette gjort via et laboversiktsbilde på datamaskin.

Kontroll av ytelsesspesifikasjoner for testanlegg XRG1 13 viser at anlegget produserer mindre varme enn spesifisert, og litt mer elektrisitet. Det er ikke store avvik.

Kontroll av totalt målesystem for testanlegg XRG1 13 gav veldig lite avvik for målesystemet, og det kan derfor anses å være ganske nøyaktig. Det ble ikke foretatt kontroll av målesystemet til testanlegg XRG1 17, men det kom fram i Kap 13.3 at det målt CO₂ utslipp ikke samsvarer med beregning basert på brenselforbruksmåling.

Siste del av rapport kan gi grunnlag for valg av drivstoff til kogenereringsanlegg.

Røykgassmålinger viser at:

- Naturgassanlegget har relativt høyt utslipp av HC, men er ganske bra med hensyn på NO_x.
- Dieselanlegget har svært høyt utslipp av NO_x, men er ok med hensyn på HC og CO.
- Rapsbiodiesel er ganske mye bedre enn diesel for alle komponenter.
- E85 slipper ut mye CO, og nesten ingenting NO_x, men dette skyldes liten lufttilførsel.

Beregning av totalt CO₂ ekvivalent utslipp for alle drivstoff viser at biodrivstoff slipper ut ca en tredjedel i forhold til diesel og naturgass. Naturgass medfører noe mindre CO₂ ekvivalent utslipp enn diesel. Alle drivstoff er fordelaktige i forhold til kull brukt i kullkraftverk.

CO₂ fra kogenereringsanlegg bør ikke benyttes direkte i veksthus selv om det teoretisk kan være mulig å oppnå lavt nok utslipp av NO_x ved hjelp av treveis katalysator. Det bør benyttes ekstra NO_x renseanlegg dersom røykgass fra kogenereringsanlegg skal slippes inn i veksthus som vekstfremmer.

Energibalanse er stort sett over 2 for biodiesel, og mellom 1 og 2 for etanol, men det varierer mye.

Beregningsmetodene varierer, og det anbefales at dette standardiseres. Det anbefales krav om dokumentasjon av energibalanse for leverandører av biodrivstoff. Dette kan brukes til energi- og miljømerking av drivstoffet.

Biooljer brukes ofte til produksjon av biodiesel til kjøretøy, men kan gjerne brukes direkte i kogenereringsanlegg dersom renheten til oljen er god nok, og at den blir forvarmet. Energimessig er det mest riktig å benytte råstoff som er minst mulig foredlet. Røykgassmålinger fra anlegg som bruker rapsolje viser at utslippene er på nivå med rapsbiodiesel, bortsett fra at CO₂ utslippet er noe mindre.

I Østerrike leveres kogenereringsanlegg helt opp i størrelse 1,2 MW el. Det vises også til driftstider på rapsoljeanlegg som er på full høyde med anlegg for andre drivstoff.

Med hensyn på energi og drivhuseffekt anbefales bruk av rapsolje eller andre biooljer i kogenereringsanlegg.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	9
1.1	Hva er kogenerering?	9
1.2	Bruk av kogenereringsanlegg	9
1.3	Flytskjema XRGI 13 naturgassanlegg hos Lyse	11
2	BESKRIVELSE AV DRIFTSINSTRUMENTERING INSTALLERT PÅ XRGI 13 NATURGASSANLEGG HOS LYSE	12
2.1	Instrumentering for registrering av ytelse og forbruk	12
2.1.1	Gassforbruk	12
2.1.2	Elektrisitetproduksjon	12
2.1.3	Nyttbar varmeproduksjon registrert i styretavle	12
2.1.4	Nyttbar varmeproduksjon, tilleggsmåling	13
2.2	Instrumentering og komponenter for regulering av temperatur på motorvann	14
2.3	Instrumentering og komponenter for regulering av varmeleveranse fra varmfordeler til sentralvarmeanlegg	15
2.4	Instrumentering for regulering av produksjon i kraftenhet ved lav og varierende last	17
2.5	Annen måleinstrumentering i varmfordeler	17
2.6	Sikkerhetsinstrumentering på kraftenhet	18
3	MULIGHETER FOR UTHENTING AV INFORMASJON FRA DRIFTSANLEGG	19
3.1	Informasjon i styretavle	19
3.1.1	Informasjon på oversiktsbilde før meny	19
3.1.2	Menyinformasjon	20
3.2	Informasjon på internett	20
3.3	Informasjon fra fjernvarmemåler	21
3.4	Annen ekstern informasjon	21
4	INSTRUMENTERING OG FUNKSJONER PÅ ET TESTANLEGG	22
4.1	Driftsanleggets begrensninger i forhold til å bruke det til tester	22
4.1.1	Virkningsgrad	22
4.1.2	Logg	23
4.1.3	Informasjon om røykgass	23
4.1.4	Manuell styring av last	23
4.1.5	Begrensende faktorer for full produksjon	23
4.2	Fysiske forskjeller mellom driftsanlegg og testanlegg	23
4.2.1	Måling av varmeproduksjon	23
4.2.2	Måling av røykgasskomposisjon	24
4.2.3	Varmebuffer	24
4.2.4	Måling av røykgasstemperatur	24
4.2.5	Måling av referansenivåtemperaturer	24
4.3	Testprogram og databehandling	25
4.3.1	Målte og beregnede data i logg:	26
4.3.2	Innsetningsdata i logg	26
4.3.3	Styring og informasjon ved bruk av testprogram	26
5	KONTROLL AV YTELSESSPESIFIKASJONER FOR XRGI 13	28
5.1	Virkningsgrader ved ulike lastnivå	29
5.2	Elektrisitetproduksjon i forhold til elektrisitetsbehov	30
6	KONTROLL AV TOTALT MÅLESYSTEM	31
6.1	Målt røykgasstemperatur	31
6.2	Beregnet røykgasstemperatur	31

6.2.1	Komposisjon naturgass.....	31
6.2.2	Lufforbruk ved forbrenning av naturgass	33
6.2.3	Beregning av N ₂ og H ₂ O andel av røykgassen.....	33
6.2.4	Massestrøm røykgass.....	35
6.2.5	Varmekapasiteten røykgassen ved målt røykgasstemperatur	35
6.2.6	Betydning av CO, HC og varmetap fra kraftenhet.....	36
6.2.7	Varmetap fra kraftenhet	37
6.3	Konklusjon til kontroll av totalt målesystem	38
7	MÅLERESULTAT FOR E85	39
8	BEREGNINGER I FORBINDELSE MED TILPASSING AV MÅLERESULTAT FOR E85	42
8.1	Akseleffekt og elektrisk effekt	42
8.2	Energiinnhold i E85	42
8.3	Støkiometrisk lufforbruk til forbrenning av E85.....	42
8.4	Beregning av overskuddsluft	42
8.5	Lufforbruk	43
8.6	Beregning av volum% Nitrogen	43
8.7	Bestandelenes masseandeler i E85	43
8.8	Teoretisk CO ₂ og H ₂ O produksjon ved forbrenning av E85	43
8.9	Teoretisk spesifikk CO ₂ produksjon g/kWh.....	44
8.10	Molekylvekt HC i røykgass ved forbrenning av E85.....	44
8.11	Virkelig spesifikk CO ₂ produksjon g/kWh.....	44
8.12	Spesifikk produksjon av CO, Nox, O ₂ , og HC	45
9	MÅLERESULTAT FOR BIODIESEL	46
9.1	Utvalgte betingelser for røykgassmålingene	46
10	RØYKGASSDATA DIAGRAMMER FOR ULIKE DRIVSTOFF	48
11	SAMMENLIGNING AV UTSLIPP NÅR DET IKKE ER INSTALLERT KATALYSATOR.....	54
11.1	Resultat for naturgassanlegg XRGI 13 på Mongstad	54
11.2	Resultat for dieselanlegg XRGI 17 på Mongstad.....	54
11.3	Resultat for E85 ved universitetet i Lund i Sverige.....	55
11.4	Resultat for rapsbiodiesel i USA.....	55
11.4.1	Variasjon av utslipp fra fossilt diesel i test på Mongstad og i USA.....	55
11.4.2	Rapsbiodiesel i forhold til fossilt diesel.....	56
11.4.3	Rapsbiodiesel i forhold til naturgass	56
11.5	Resultat for rapsolje	56
12	SAMMENLIGNING AV UTSLIPP NÅR DET ER INSTALLERT KATALYSATOR.....	57
12.1	Katalysator	57
12.2	Virkningsgrad til katalysator benyttet til E85 motor.....	58
12.3	Virkningsgrad for katalysator benyttet i motor for test av rapsbiodiesel	59
12.4	Utslipp fra de ulike anleggene	59
12.4.1	Naturgassanlegg Mongstad	60
12.4.2	Dieselanlegg Mongstad	60
12.4.3	Dieselanlegg USA.....	60
12.4.4	Målte utslipp fra E85 anlegg	60
12.4.5	Rapsbiodieselanlegg.....	61
12.5	Oppsummering om utslipp av HC, NO _x og CO	63
13	DRIVSTOFFENES BIDRAG TIL UTSLIPP AV KLIMAGASSER MED DRIVHUSEFFEKT	64
13.1	Utslipp av karbondioksid ved forbrenning av biodrivstoff.....	64
13.2	Klimagassutslipp ved framstilling av drivstoff	64
13.3	CO ₂ utslipp ved forbrenning av drivstoff	66

13.4	Andre gassers potensial til global oppvarming	67
13.5	Oppsummering CO2 ekvivalent utslipp.	67
14	BRUK AV CO2 FRA KOGENERERINGSANLEGG SOM VEKSTFREMME I VEKSTHUS	70
15	BRUK AV FLYTENDE BIODRIVSTOFF TIL KRAFTPRODUKSJON SETT I FORHOLD TIL ENERGIBALANSE	71
15.1	Faktorer som har betydning for beregning av energibalanse.	71
15.2	Energibalanse for biodiesel	72
15.3	Energibalanse for bioetanol	74
15.4	Dokumentasjonskrav	78
15.5	Bruk av vegetabilsk olje	78
15.5.1	Erfaringer med bruk av bioolje i motor	79
15.5.2	Måling av røykgassutslipp fra anlegg som går på rapsolje	80
16	VEDLEGG 1 LOGG MÅLERESULTAT E85	82
17	VEDLEGG 2 LOGG MÅLERESULTAT DIESELANLEGG MONGSTAD	83
18	VEDLEGG 3 LOGG MÅLERESULTAT NATURGASS MONGSTAD	103
19	VEDLEGG 4 LOGG MÅLERESULTAT RAPSBIODIESEL USA	119
20	LITTERATUR OG REFERANSER	120

TABELLISTE

Tabell 1	Kundens driftsinformasjon via internett.....	20
Tabell 2	Målte og beregnede data i logg i testanlegg	26
Tabell 3	Innsetningsdata i logg	26
Tabell 4	Laststyringsmodus i testprogram	27
Tabell 5	Ytelse XRG1 13	28
Tabell 6	Komposisjon naturgass	32
Tabell 7	Gjennomsnittlig molarmasse til naturgass	32
Tabell 8	Luffforbruk ved forbrenning av naturgass	33
Tabell 9	Beregnet konsentrasjon av oksygen i røykgass	34
Tabell 10	Cp verdi for røykgass	36
Tabell 11	Gjennomsnittlig molarmasse for røykgass	36
Tabell 12	Energistrømmer i anlegg XRG1 13 Mongstad	38
Tabell 13	Brennverdi E85	42
Tabell 14	Støkiometrisk luffforbruk til forbrenning av E85	42
Tabell 15	N2 mengde i forhold til andre gasser	43
Tabell 16	Bestandeler i E85	43
Tabell 17	Utvalgte betingelser for biodiesel røykgassmålinger	46
Tabell 18	Måleresultat rapsbiodiesel. Amerikanske enheter.	47
Tabell 19	Måleresultat rapsbiodiesel. SI enheter	47
Tabell 20	Måleresultat dieselanlegg Mongstad ved full last	47
Tabell 21	Utslipp fra forbrenning av rapsbiodiesel i forhold amerikansk diesel	56
Tabell 22	Virkningsgrad for katalysator ved RME test	59
Tabell 23	Virkningsgrad for katalysator ved REE test	59
Tabell 24	Utslipp fra naturgassanlegg XRG1 13 ved antatt katalysatorvirkningsgrad	60
Tabell 25	Utslipp fra dieselanlegg XRG1 17 ved antatt katalysatorvirkningsgrad	60
Tabell 26	Utslipp fra dieselanlegg i USA ved antatt katalysatorvirkningsgrad	60
Tabell 27	Målte utslipp fra teoretisk E85 anlegg	60
Tabell 28	Utslipp fra RME anlegg ved antatt katalysatorvirkningsgrad	61

Tabell 29 Utslipp fra REE anlegg ved antatt katalysatorvirkningsgrad	61
Tabell 30 Beregnet CO2 utslipp fra forbrenning av naturgass.....	66
Tabell 31 Faktorer som har betydning for beregning av energibalanse.....	71

FIGURLISTE

Figur 1 Motorvann og fremløpsvann regulatorer	15
Figur 2 Pumpe og ventil for varmeleveranse fra kogenereringsanlegget	16
Figur 3 Informasjon i styretavle ved normal tilstand	19
Figur 4 Fjernvarmemåler	21
Figur 5 Corriolesmåler	24
Figur 6 Laboversiktsbilde til testanlegg på Mongstad	25
Figur 7 Virkningsgrader for XRGI 13 ved ulike lastnivå	29
Figur 8 Elektrisitetsproduksjon ved XRGI 13 i forhold til forbruk.....	30
Figur 9 Cp verdier for gasser	35
Figur 10 Røykgassutslipp fra Toyota naturgassanlegg XRGI 13 uten katalysator.	49
Figur 11 Røykgassutslipp fra dieselanlegg XRGI 17 uten katalysator.....	50
Figur 12 Røykgassutslipp fra teoretisk E85 anlegg før treveis katalysator	51
Figur 13 Røykgassutslipp fra teoretisk E85 anlegg etter treveis katalysator	52
Figur 14 Røykgassutslipp fra dieseldrivstoff.....	53
Figur 15 Katalysator for bil.....	57
Figur 16 Virkningsgrad til treveis katalysator benyttet på E85 motor.....	58
Figur 17 Utslipp av HC, NOx og CO når det er installert katalysator i alle anlegg	62
Figur 18 Drivstoffenes bidrag til utslipp av CO2 ekvivalenter	68
Figur 19 Eksempel på energibalanse for biodiesel.....	72
Figur 20 Eksempler på energibalanse faktorer.....	73
Figur 21 Energiregnskap for rapsbiodiesel i Romania	74
Figur 22 Energistrøm ved produksjon av 1 m3 etanol	75
Figur 23 Energistrøm ved produksjon av 1 m3 bensin	75
Figur 24 Sammenligning av energi og utslipp ved produksjon av etanol og bensin	76
Figur 25 Energibalanse for etanolproduksjon i Sverige	77
Figur 26 Eksempler på energibalanse for etanolproduksjon noen steder i verden	77
Figur 27 Viskositet for rapsolje avhengig av temperatur.....	78
Figur 28 Resultat fra røykgassmåling av rapsolje anlegg fra KW Energie Technik []	80

1 INNLEDNING

1.1 Hva er kogenerering?

Kogenerering er produksjon av elektrisitet og nyttbar varme ved forbrenning. Brenselet er i flytende eller gass form for motorer og gassturbiner. I dampturbinanlegg kan det også benyttes fast brensel.

Virkningsgraden til forbrenningsmotorer og turbiner er i størrelsesorden 30% - 40%, hvilket betyr at 60% - 70% av energien ikke blir omdannet til elektrisitet, men til varme. I en bil kan man ikke nyttiggjøre varmen i noen vesentlig grad, men i et kogenereringsanlegg, som er stasjonært, kan man hente ut store deler av varmen. I EC Power sitt naturgassanlegg er totalvirkningsgraden godt over 90% ved alle lastnivå, som betyr at kun noen få prosent av energien i drivstoffet går tapt. Denne energieffektiviteten gir forbedret økonomi og reduserte klimautslipp relativt til anlegg som ikke henter ut like mye av varmen.

Forbrenningsmotoren er koblet til en generator som produserer elektrisitet. De tekniske løsningene for utnyttelse av varmeproduksjonen varierer, men de består generelt av varmeveksling av røykgass mot vann, og vannkjøling av motor, smørelje og generator.

Et kogenereringsanlegg skal vanligvis levere strøm til et 50Hz strømnnett, og det betyr at turtallet til motoren eller turbinen er bestemt når man har valgt en generator. En 6 polet trefase synkrongenerator må gå med et turtall på konstant 1500 omdr/min, hvilket er ok for en motor. Ved valg av 12 polet generator, for store anlegg, må man også ha en girboks for å kunne kjøre motoren fortere enn 750 omdr/min. Der man velger å benytte turbin, må man enten benytte girboks eller redusere til 3 poler i generatoren. Turbiner drives mest effektivt ved høyere turtall enn motorer. I EC Power sine anlegg er det benyttet asynkrongenerator, og hvilket betyr at motorene må gå med litt høyere enn synkront turtall.

Prinsipielt kan alle typer flytende og gass drivstoff benyttes dersom forbrenningsmotoren eller turbinen er konfigurert for det aktuelle drivstoff. Det har lenge vært tradisjonelt å benytte diesel på grunn av tilgang og pris. Man har ganske lenge hatt bra utbygd nettverk for gass mange steder i Europa, og nå også i Stavangerområdet. Naturgass er spesielt aktuelt å bruke i turbiner, men det egner seg godt som drivstoff også i motorer. I Nederland brukes ofte naturgass til kogenereringsanlegg i veksthus.

1.2 Bruk av kogenereringsanlegg

Ved konstant bruk av kogenereringsanlegg bør det være stort nok varmebehov. Om sommeren er det begrenset behov for varme, men enkelte steder er det fremdeles varmebehov, for eksempel svømmehaller, slakterier, og veksthus om natten. I mange store bygninger er behov for store mengder varmt forbruksvann også om sommeren, for eksempel der hvor det er store kjøkken og mange bad.

Om vinteren har de fleste bygninger behov for store mengder varme til oppvarming.

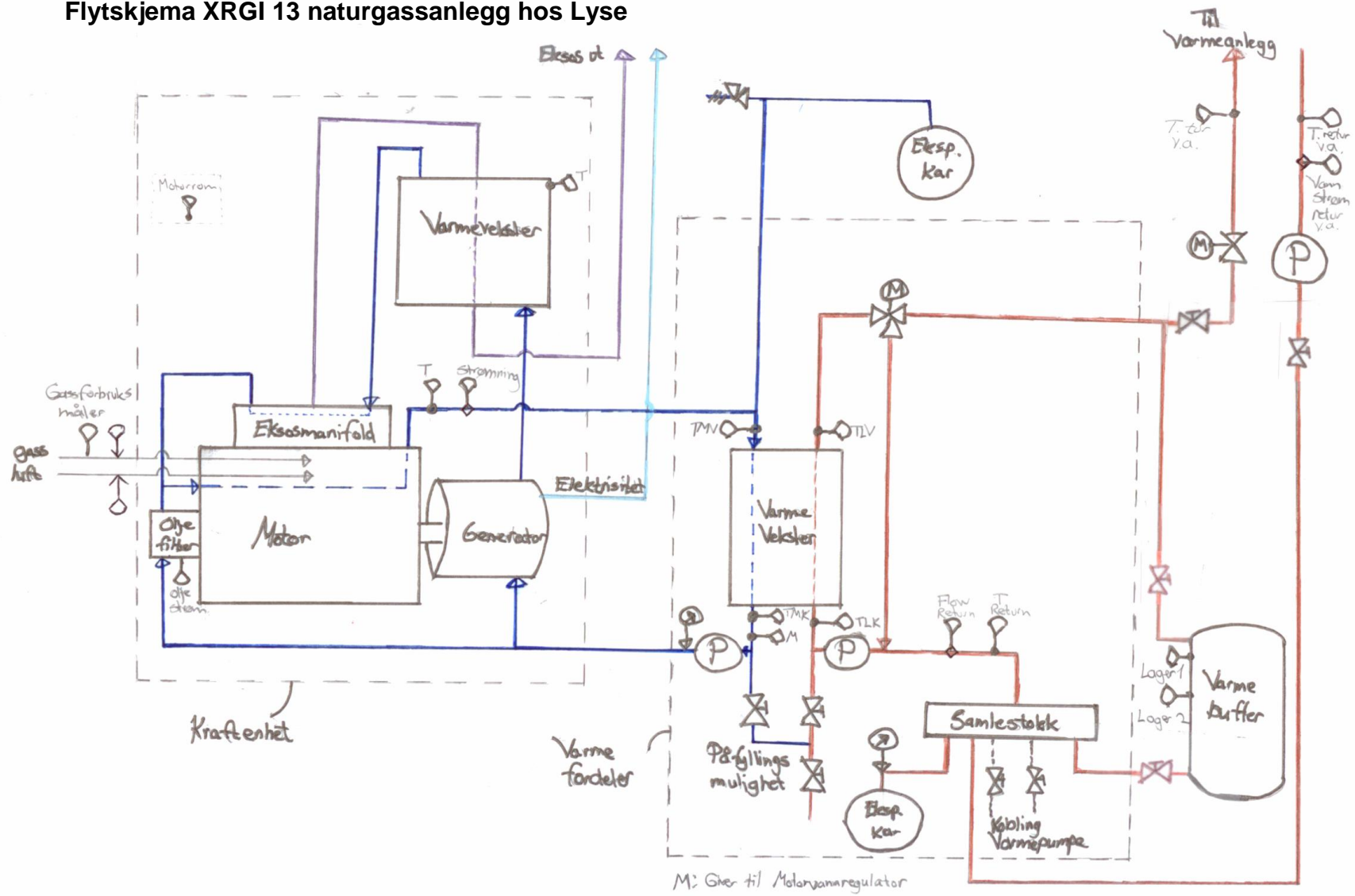
Det er viktig å ikke velge for stort kogenereringsanlegg fordi elektrisitetsvirkningsgraden er best, og utslippene lavest, når anlegget kjøres opp mot full last. Man kan gjerne koble flere anlegg sammen. EC Power, som er en leverandør av kogenereringsanlegg, har designet anlegget slik at opp til 5 anlegg kan kobles sammen. På denne måten kan man for eksempel bruke kun ett av anleggene dersom varmebehovet er lite.

Kogenereringsanlegg kan installeres for å levere til eget elektrisk nett, eller synkront med det globale kraftnettet. Det kan også levere elektrisitet til det globale kraftnettet.

Mange institusjoner som er helt avhengig av elektrisitet har installert nødstrømsaggregat som starter dersom elektrisitetsnettet faller ut. Disse nødstrømsaggregatene er ganske enkelt en motor som driver en el.generator. All varme går tapt i slike anlegg. I stedet for slike nødstrømsaggregat kan man installere kogenereringsanlegg som leverer en basisstrøm når det er varmebehov. Når det ikke er noe varmebehov vil det likevel være mulig å bruke kogenereringsanlegg som nødstrømsaggregat dersom man har sørget for at varmen blir fjernet fra motoren. For eksempel kan man bruke forbruksvann til å avkjøle kjølevannet til motoren. Kogenereringsanlegg brukes ofte til nødstrømsaggregater.

Hvis man sammenligner med kullkraftverkene i Europa, er det miljømessig greit å bruke kun elektrisiteten fra kogenereringsanleggene, fordi kullkraftverkene må produsere elektrisitet selv om varmen ikke kan benyttes. Les om utslipp av CO₂ i kapittel 13
Det er derimot svært dårlig økonomi i å kun nyttiggjøre elektrisiteten.

1.3 Flytskjema XRGI 13 naturgassanlegg hos Lyse



2 BESKRIVELSE AV DRIFTSINSTRUMENTERING INSTALLERT PÅ XRG1 13 NATURGASSANLEGG HOS LYSE

Det er tatt utgangspunkt i anlegget til Lyse i kontorbygget deres i Breiflåtveien 18 på Mariero i Stavanger. Anlegget er EC Powers anlegg XRG1 13 drevet av naturgass.

2.1 Instrumentering for registrering av ytelse og forbruk.

2.1.1 Gassforbruk

Type måler:	Flonidan, Gallus 2100 TCE. Måler volum gass forbrukt.
Plassering:	Det brukes også naturgass til oppvarming av radiatorvannet. Måleren for kogenereringsanlegget er plassert rett etter avgreiningen for kogen.anlegget.
Bruk av målesignal:	Målesignal sendes til styretavle der det brukes til å vise aktuelt forbruk, og forbruk over siste døgn og siste uke. På måleren og hos EC Power vises totalt forbruk fram til nå. Målingen brukes også til å utregne virkningsgrader da den representerer energien som blir tilført systemet.

2.1.2 Elektrisitetproduksjon

Type måler:	Referansemåler fra Kamstrup. 3 faset, 5 – 80 A
Plassering:	Styretavle.
Bruk av målesignal:	Dette målesignalet representerer el.forbruket i bygget. Målesignalet fra denne måleren og fra måleren for kjøpt elektrisitet, sendes til styretavle der det brukes til å vise aktuell produksjon og aktuelt forbruk, og produksjon og forbruk over siste døgn og siste uke. På EC Powers nettsider vises total produksjon fram til nå. Målesignalene brukes også til å utregne virkningsgrader da den representerer en del av den nyttbare energien som forlater systemet. Dette anlegget er innstilt til å ikke levere elektrisitet til kraftnettet, og dette er ordnet ved at kjøpsmåleren alltid skal ha en verdi så lenge referansemåleren viser at det er el.forbruk. I brukermanualen for anlegget står det at el.produksjonen er beregnet (dvs ikke målt). Dette er slik fordi el.produksjonen beregnes som differansen mellom verdien fra aktuell måler og kjøpsmåleren.

2.1.3 Nyttbar varmeproduksjon registrert i styretavle.

Målesignalene som benyttes til dette formålet og andre formål blir sendt til en blå boks kalt "mini-vannskapskort". Denne boksen er plassert i varmfordeler, og den sender signalene direkte videre til styretavlen.

Målesignal til denne boksen:

Type måler:	Temperaturgiver. Direktekontakt med rør.
Navn:	TLV Temperatur sentralvann varmt
Plassering:	På rør for varmvann til sentral, rett etter varmeveksler.
Navn:	T – Return
Plassering:	På rør for kaldt sentralvarmevann fra samlestock. Temperaturen som måles er temperaturen på en blanding av vannet fra sentralvarmeanlegget og bunn av varmelageret.
Type måler:	Ultralyds strømningsgiver.
Plassering:	På rør for kaldt sentralvarmevann fra samlestock. Vannstrømmen som måles er den fra sentralvarmeanlegget når buffertanken ikke er i bruk. I de tilfeller hvor tilførselen av vann fra sentralanlegget er stoppet opp, og kun buffertanken benyttes, representerer målesignalet vannstrømmen gjennom buffertanken. Det er også en mellomtilstand i forhold til de tilstandene som er beskrevet.
Bruk av målesignal:	<p>T-return og TLV representerer delta T til vannet som kommer fra sentral og buffertank, og vannet som går tilbake til sentralanlegg. Denne delta T og målesignalet fra strømningsgiveren representerer de måleparameterne som benyttes til å beregne varmeproduksjonen. Strømningsmåleren som er benyttet beregner vannstrømmen (den måler ikke massestrømmen), og derfor kan man ikke si at varmeproduksjonen er målt, men beregnet.</p> <p>Lager 1 og lager 2 brukes til å registrere hvor stor del av varmebufferen som er "oppbrukt". Dette brukes til å stenge ned produksjonen i kraftenheten når varmebufferen er full av varmt vann. Se kap 2.4</p>

2.1.4 *Nyttbar varmeproduksjon, tilleggsmåling.*

Temperatur vann til sentralvarmeanlegg.

Type måler:	Kamstrup Multical temperaturgiver. Metallplate er festet med direktekontakt til vannrøret.
Plassering:	Rett etter varmefordeler, på rør til sentralvarmeanlegg.
Bruk av målesignal:	Parameter til Kamstrup Multical for beregning av nyttig varmeproduksjon.

Temperatur vann fra sentralvarmeanlegg.

Type måler:	Kamstrup Multical temperaturgiver. Metallplate er festet med direktekontakt til vannrøret.
Plassering:	Rett etter fordelingsboks, på rør fra sentralvarmeanlegg.

Bruk av målesignal: Parameter til Kamstrup Multical for beregning av nyttig varmeproduksjon.

Strømningsmåler

Type måler: Kamstrup Multical ultralyds strømningsgiver.

Plassering: Rett etter fordelingsboks, på rør fra sentralvarmeanlegg.

Bruk av målesignal: Parameter til Kamstrup Multical for beregning av nyttig varmeproduksjon.

Bruk av informasjon fra Kamstrup Multical:

På grunnlag av de tre overnevnte målinger kan følgende informasjon hentes fra Kamstrup Multical;

- Varme levert kWh
- Vannvolum gjennomstrømmet m³
- Driftstid h
- Temp. tur °C
- Temp. retur °C
- Avkjøling °C
- Aktuell vannstrømning l/h
- Aktuell varmeeffekt kW
- Spisseeffekt kW
- Feilmeldinger.

Kamstrup Multical er tilknyttet styretavlen, men målesignalene benyttes ikke i styringen av anlegget. Måleren benyttes i hovedsak til å finne aktuell og total varmeleveranse til sentralvarmeanlegget. Produsert varme kan noen steder selges, og da er det naturlig å benytte denne måleren til registrering av levert varme. Når varmelageret fylles eller tømmes vil denne målingen avvike fra varmeproduksjon registrert i styretavle, men senere skal dette utjevnes.

2.2 Instrumentering og komponenter for regulering av temperatur på motorvann.

Følgende utstyr er benyttet; en regulator, to pumper, en ventil, og en giver.

Type regulator: Danfoss Comfort 200, gitt navnet motorvann

Plassering: Utenfor varmfordeler.

Type giver: Temperaturgiver. Metallplate med direkte kontakt med røret.

Plassering: Varmefordeler, retur motorvann fra varmeveksler. Samme plassering som temperaturgiver TMK.

Type ventil: ESBE treveisventil. Elektrisk operert. Montert som fordelingsventil, men registrert som blandeventil i installasjonsveiledningen.

Plassering: I varmfordeler. Regulerporten er tilknyttet rør fra varmevekslerens utgang for høytemperatur sentralvarmevann. Shuntporten er tilkoblet et avgreningsrør fra røret for

kaldt vann fra samlestocken i varmfordeleren. Den åpne porten er tilknyttet røret for leveranse til sentralvarmeanlegget og varmelageret.

- Type pumper: Pumpe kalt Kjølevannspumpe [1]: Grundfoss UPS 25-60.
Pumpe kalt Lagervannspumpe: Grundfoss UPE 25-60.
- Plassering: Kjølevannspumpen for motoren er plassert rett etter utgang fra varmeveksleren. Den såkalte "Lagervannspumpen" er plassert i primærkretsen for sentralvarmevannet før varmeveksleren.
- Virkemåte til system: Begge pumpene får levert konstant spenning via en hvit el.koblingsboks inne i varmfordeleren. Lagervannspumpen, som er en energisparepumpe, opprettholder konstant stor gjennomstrømning av i primærkretsen på sentralvannssiden av varmeveksleren. Ved synkende leveranse av vann fra sentralen vil temperaturen i overnevnte primærkrets øke, og dette registrerer aktuell temperaturgiver i kjølevannskretsen for motoren. Regulatoren vil da gradvis stenge shuntporten i treveisventilen, slik at lagervannspumpen begynner å suge delvis fra varmebufferen. Vannmengden som hentes gjennom varmebufferen tilsvarer differansen i vannmengde mellom primær og sekundær krets på sentralvannssiden. Ved økende behov for varme vil vannstrømmen til og fra sentralvarmeanlegget øke, og vannstrømmen gjennom varmebufferen vil avta når shuntporten gradvis åpnes på grunn av synkende temperatur i kjølevannet til motoren. Ved stort varmebehov i forhold til varmeproduksjon vil det gå noe vannstrøm gjennom varmebuffer fra bunn til topp slik at varmebufferen tømmes for varme.



Figur 1 Motorvann og fremløpsvann regulatorer

2.3 Instrumentering og komponenter for regulering av varmeløp fra varmfordeler til sentralvarmeanlegg.

Det er avhengig av eventuelt hvilke andre typer installasjoner som finnes for oppvarming, og måten kogenereringsanlegget er koblet opp mot dem. Temperaturnivået er en viktig parameter, fordi kogenereringsanlegget vil i stor grad levere varme ved forholdsvis konstant temperaturnivå. Dette anlegget varmer opp noe av vannstrømmen som går til en gasskjel.

Varmeleveransen fra varmfordeler reguleres av et system med en regulator, en pumpe, en ventil, og en giver.

Type regulator: Danfoss Comfort 200, gitt navnet fremløpsvann.

Plassering: Utenfor varmfordeler.

Type giver: Temperaturgiver.

Plassering: På røret til gasskjelen, etter at en delstrøm er varmet opp ved hjelp av kogenereringsanlegget.

Type pumpe: Grundfoss UPE 25-60. Energisparepumpe. Selvregulerende frekvensomforming.

Plassering: Tilførselsrør for "kaldt" sentralvarmevann til varmfordeleren.

Typeventil: ESBE Toveis ventil. Elektrisk operert.

Plassering: Rør for oppvarmet vann fra varmfordeleren.

Virkemåte til system: Sirkulasjonspumpen forsøker å opprettholde konstant trykk i systemet ved å regulere ned hastigheten. Når strupeventilen aktiveres vil effekten til pumpen reduseres automatisk for at trykket ikke skal øke i systemet. Vannstrømmen, og dermed også varmeleveransen, vil derfor avta. Så lenge temperaturgiveren registrerer at temperaturen i vannet som føres inn i gasskjelen, er lavere enn den temperaturen som man ønsker etter gasskjelen, vil ikke strupeventilen være aktivert fordi det er varmebehov. Det er via regulatoren strupeventilen får elektrisk kraft. Temperaturgiveren er også tilknyttet denne.



Figur 2 Pumpe og ventil for varmeleveranse fra kogenereringsanlegget

2.4 Instrumentering for regulering av produksjon i kraftenhet ved lav og varierende last.

Type måler: Temperaturgiver med kobling til føler.

Navn: Lager 1

Plassering: Topp av buffertank.

Type måler: Temperaturgiver med kobling til føler.

Navn: Lager 2

Plassering: Midt i øvre halvdel av buffertank.

Bruk av målesignal: Når både Lager 1, Lager 2 og T Return, som nok kan anses å være Lager 3, er registrert varm betyr dette at det er ingen kjølekapasitet fordi varmebufferen er oppbrukt, og produksjonen i kraftenheten stoppes umiddelbart. Målingen Lager 1 kan ved moderat varmebehov benyttes til å opprettholde en bestemt mengde varmt vann som buffer som kan benyttes ved stort varmebehov. Fortsatt produksjon når Lager 2 blir varm, og oppstart av produksjon når Lager 1 er varm, er avhengig av forbruksprognoser. EC Power forsøker å ta patent på systemet med forbruksprognoser, og vil derfor ikke opplyse om hvordan forbruksprognosene framkommer.

2.5 Annen måleinstrumentering i varmfordeler

Type måler: Temperaturgiver. Metallplate er festet med direktekontakt til vannrøret.

Navn: TMV Temperatur motorvann varm

Plassering: På rør for kjølevann fra kraftenhet, rett før varmeveksler.

Navn: TMK Temperatur motorvann kald

Plassering: På rør for kaldtvann til kraftenhet, rett etter varmeveksler.

Navn: TLK Temperatur sentralvann kaldt

Plassering: På rør for kaldtvann fra sentral, rett før varmeveksler.

Det er ikke funnet at disse målingene har noen betydning for verken regulering eller beregning av produksjon. Disse målepunktene fungerer som driftsovervåkingsparametere.

Spesielt TMV og TMK er viktige sikkerhetsparametere for driften av kraftenheten. Styretavlen får ikke måleverdien fra temperaturgiveren som er tilknyttet regulatoren for kjølevannet til motoren, og derfor er TMK satt inn i tillegg. I de tilfellene hvor varmebehovet er lite, vil vannet fra varmesentralen ha høy temperatur. Shuntkretsen vil være lukket. T-Return er som tidligere nevnt en reguleringsparameter. TLK vil i et slikt tilfelle fungere som en sikkerhetsparameter i tillegg til TMV, TMK og sikkerhetsinstrumentering i kraftenheten.

2.6 Sikkerhetsinstrumentering på kraftenhet.

Målepunkter i kraftenhet:

- Kjølevannstrøm
- Temperatur i kjølevann i motoren. Kokealarm.
- Temperatur i røykgass idet den går inn i varmeveksleren.
- Temperatur i kabinettet.
- Trykk i gassen som tilføres.
- Trykk i røykgassen.
- Undertrykk i lufttilførsel
- Smøreoljetrykk
- Smøreoljenivå

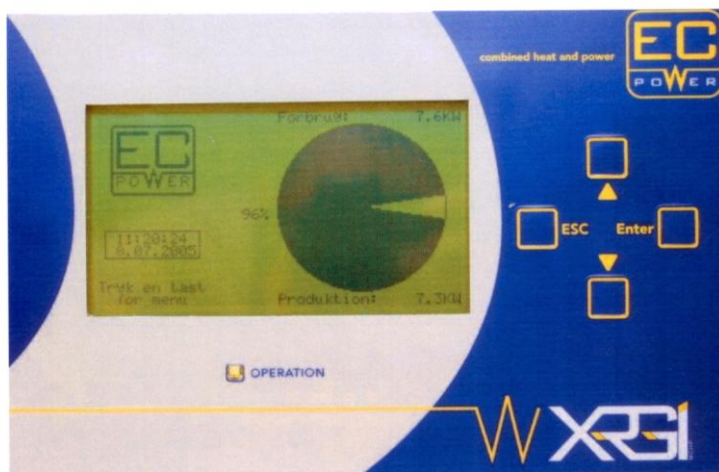
3 MULIGHETER FOR UTHENTING AV INFORMASJON FRA DRIFTSANLEGG.

3.1 Informasjon i styretavle

3.1.1 Informasjon på oversiktsbilde før meny.

Følgende informasjon vises for normal tilstand:

- Aktuelt el.forbruk
- Aktuell el.produksjon
- Dekningsgrad. El.produksjon relativt til el.forbruk
- Tid og dato



Figur 3 Informasjon i styretavle ved normal tilstand

I det samme oversiktsbildet får man statusinformasjon i forbindelse med oppstart og nedstenging. Slik statusinformasjon er som følgende: [2]

- Venteposisjon: Venter på økt behov for varme og elektrisitet
- Oppstart: Anlegg starter.
- Kalibrering: Styresystem kontrollerer respons med anlegg
- Normal: beskrevet ovenfor
- Stopper: Nedlukking pga lav el. eller varme etterspørsel
- Alarmstopp: System er nedlukket pga alarm fra sikkerhetskort i kraftenhet. Aktuelle alarmer kan være at motoren koker, ikke kjølevannsstrøm, feil gasstrykk, feil røykgasstrykk, feil oljetrykk, feil oljenivå, høy temperatur kabinett, høy temperatur i røykgass før varmeveksling, og for stort undertrykk i lufttilførsel.
- Fullstopp: Anlegg er ikke aktivt fordi det ikke er gjenstartet etter en alarmstopp.

3.1.2 Menyinformasjon

El.produksjon:	Den elektriske effekten registreres hvert 15 minutt som gjennomsnittet over de siste 15 minutter i grafisk statistikk for 24 timer. Statistikk for 1 uke viser gjennomsnittlig effekt for hver av dagene.
El.forbruk:	Samme prinsipp som ovenfor.
Lager status:	Viser hvor mange av målepunktene i varmebufferen, og eventuelt lager, som er registrert som varme. På samme bilde kan man også avlese aktuell varmeytelse. På denne siden kan man se om systemet er i ferd med å bruke opp varmebufferen, og er på vei til å nedstenges.
Driftsinfo:	Antall driftstimer, målt el.forbruk, målt el.produksjon, beregnet varmeproduksjon, og beregnet gassforbruk angitt i volum [m3]
Service:	Gjennom denne funksjonen kan man gjøre følgende: Starte og stoppe systemet Oversende driftsinformasjon til EC Power over internett Registrere høytariffperioder for varme og elektrisitet der det kan være interessant å selge energien. Teknikker innlogging. Mulighet for endring av driftsinnstillinger, og avlesing av alle målesignal som sendes til styretavle.

3.2 Informasjon på internett.

Alle kunder i EC Power med serviceavtale har mulighet for å logge seg inn på EC Powers nettsider for å lese driftsinformasjon om anlegget. Følgende informasjon kan leses på nett:

All driftsinformasjon som også er registrert i styretavle

Siste service, og tidspunkt for neste service.

Forbruks- og produksjonsgrafer for siste 30 dager og inneværende år.

Årsrapport for tidligere år.

CO2 besparelse relativt til et tradisjonelt kullkraftverk. Det tas utgangspunkt i 0,9 kg CO2 / kWh el.produksjon for kullkraftverk. [3]

Tabell 1 Kundens driftsinformasjon via internett



Seneste oppdatering:
13. juni 2007 15:48



Driftstimer:
1202.17 timer



Elproduksjon (Målt):
10741 kWh



Varmeproduksjon (Beregnet):
29057 kWh



Gas forbrug:
3967,94 M3



Elforbrug (Målt):
35430 kWh



Sidste service:
4. januar 2006 12:59



Næste service om:
31 dage

Anlegg som EC Power leverer med serviceavtale inkludert, sender alle tilgjengelig drifts- og sikkerhetsinformasjon til EC Power via internett for overvåking.

3.3 Informasjon fra fjernvarmemåler.

Kamstrup Multical fjernvarmemåler plassert på tur/retur rør fra sentralanlegg gir følgende informasjon:

- Varme levert kWh
- Vannvolum gjennomstrømmet m³
- Driftstid h
- Temp. tur °C
- Temp. retur °C
- Avkjøling °C
- Aktuell vannstrømning l/h
- Aktuell varmeeffekt kW
- Spiseffekt kW
- Feilmeldinger.



Figur 4 Fjernvarmemåler

3.4 Annen ekstern informasjon.

- Motorvann regulator viser temperaturen til kjølevannet til motoren.
- Fremløpsvann regulator viser temperatur til sentralvarmevannet som kommer inn til varmfordeleren.
- Gassmåleren angir hvor mange kWh gass som er levert til systemet.

4 INSTRUMENTERING OG FUNKSJONER PÅ ET TESTANLEGG

Grunnlaget som for det som beskrives her er de begrensningene som driftsanlegget til Lyse viste seg å ha da det ble vurdert å bruke dette anlegget til test.

Følgende anlegg hos Statoil Produktteknisk kompetanse- og servicesenter (PKS) på Mongstad ble benyttet som testanlegg;

EC Power XRG1 17

Dieseldrevet kogenereringsanlegg med maksimal elektrisitetsproduksjon lik 17kW.

EC Power XRG1 13

Naturgassdrevet kogenereringsanlegg med maksimal elektrisitetsproduksjon lik 13 kW. Dette anlegget tilsvarer anlegget som er installert hos Lyse, men det er gjort enkle modifikasjoner i instrumentering og styring av anlegget.

EC Power XRG1 12

Naturgassdrevet kogenereringsanlegg med maksimal elektrisitetsproduksjon lik 12 kW. Dette anlegget er noe eldre enn XRG1 13. De største forskjellene mellom anleggene er at XRG1 12 har en Ford motor i stedet for Toyota motor som er i XRG113, og at XRG1 12 ikke har integrert smøreoljetank i motorrommet. Da måling av brenselforbruk ikke fungerte på dette anlegget etter en periode med modifikasjoner, kunne ikke anlegget testes ut ennå.

4.1 Driftsanleggets begrensninger i forhold til å bruke det til tester

4.1.1 Virkningsgrad

Det er ikke vist på driftsanlegget hvilken virkningsgrad anlegget har til enhver tid. Det ville vært naturlig å kunne finne informasjon om virkningsgrader i styretavlen. Interessante virkningsgrader til et kogenereringsanlegg er følgende:

Elektrisitetvirkningsgrad: $\frac{\text{kW el.prod.}}{\text{kW brensel tilført}}$

Varmevirkningsgrad: $\frac{\text{kW varmeprod.}}{\text{kW brensel tilført}}$

Total virkningsgrad: $\frac{\text{kW el.prod.} + \text{kW varmeprod.}}{\text{kW brensel tilført}}$

Informasjon om virkningsgrader er ganske vesentlig, da begrunnelsen for å benytte et kogenereringsanlegg i mange tilfeller er at virkningsgraden er høy, og derved gir brukbar økonomi. EC Power har valgt å ikke gi kunden denne informasjonen direkte fra anlegget, og dessuten kan man ikke på en enkel måte lese av brenselforbruket for å kunne beregne virkningsgradene. På testanlegg er det ofte virkningsgradene man ønsker å kontrollere og forbedre, og det er vil vært helt nødvendig å kunne lese av denne.

4.1.2 Logg

Det finnes ingen logg på driftsanlegg som sammenfatter ulike målinger og beregninger til bestemte tidspunkt. På grunn av dette kan man vanskelig følge utvikling og respons ved tester. Et testanlegg må ha mulighet for å skrive ut parametere til logg. Parametere som blir logget på anlegget på Mongstad er gitt i Tabell 2 og Tabell 3. Også på driftsanlegg sendes nesten alle målesignalene til styretavle, og det burde være relativt enkelt å tilordne logg til disse.

4.1.3 Informasjon om røykgass

I driftsanlegget måles kun temperaturen til røykgassen i det den går inn i varmeveksleren, som en del av sikkerhetssystemet. Denne temperaturen vises ikke noen steder. Det gis heller ingen informasjon om verken temperatur eller komposisjon til røykgass i det den forlater systemet. Det er avsatt hull i eksosrøret for å kunne ta eksterne målinger.

4.1.4 Manuell styring av last

I sammenheng med tester ønsker man ofte å utføre disse ved ulike delaster. Slik driftsanlegget er satt opp kan man kun legge inn delaster i en planlagt uke/døgn tidsplan, og dette er ikke brukende for å utføre tester.

4.1.5 Begrensende faktorer for full produksjon

Slik driftsanlegget er installert hos Lyse, er det ikke åpnet for å selge elektrisitet eller varme. Dersom et anlegg skal benyttes til tester bør det være mulig å kjøre anlegget på maksimallast over lengre tid.

4.2 Fysiske forskjeller mellom driftsanlegg og testanlegg

Det er igjen tatt utgangspunkt i XRGB 13 installert hos Lyse og hos Statoil på Mongstad.

4.2.1 Måling av varmeproduksjon

Driftsanlegget beregner varmeproduksjonen ved hjelp av en ultralydsstrømningsgiver og to temperaturgivere utenfor varmeveksleren på sentralvannssiden i varmefordeleren. En mer eksakt instrumentering er montert på testanlegget. Temperaturgivere er plassert på rørene rett utenfor kraftenheten, det vil si at varmeproduksjonen blir målt i kjølevannskretsen. Dette er en ganske vesentlig forskjell fordi varmeproduksjonen da beregnes før det blir noe varmetap i rørene, og nøyaktigheten blir bedre for varmeproduksjonsmålingen. Varmeleveransen blir mindre enn dette. Den største forskjellen for varmeproduksjonsmåling på de to anleggene er at massestrømmen blir målt med en Corriolesmåler på testanlegget, og beregnet ved hjelp av ultralyd på driftsanlegget. En Corriolesmåler angir massestrømmen svært nøyaktig. Pålitelighet og nøyaktighet i målinger er noe av det man bør ha spesielt fokus på i et testanlegg.



Figur 5 Coriolismåler

4.2.2 Måling av røykgasskomposisjon

På Mongstad ble det benyttet en "AVL 415 Variable Sampling Smoke Meter" for måling av røykgasskomposisjon og temperatur. Enheten hadde dataforbindelse slik at komposisjonen til røykgassen ble kontinuerlig målt og videregitt til datamaskinen for logging.

Slikt utstyr vil gradvis tette seg på grunn av eksos, og det er derfor en fordel hvis utstyret kan enkelt frakobles og rengjøres.

4.2.3 Varmebuffer

XRGI 13 på Mongstad er ikke tilkoblet noen fysisk varmebuffer. Det oppvarmede vannet går rett til forbruk i et ventilasjonsanlegg eller rett i sluk. Dette er blitt gjort for å frigjøre anlegget fra en begrensning i varmebehov. Dersom et testanlegg skal kunne benyttes også i tider der det ikke er noe varmebehov er dette en mulighet.

4.2.4 Måling av røykgasstemperatur

Denne ble målt manuelt via utstyret for måling av røykgasskomposisjon. Det er ønskelig at denne blir kontinuerlig målt på testanlegg fordi den er med på å beskrive varmetapet som man har i røykgassen. Denne temperaturen vil også beskrive tilstanden til varmeveksleren. Under målinger på XRGI 17 på Mongstad ble det funnet at temperaturen var ganske høy i røykgassen, hvilket betyr at varmeveksleren må vaskes. Det er ønskelig at denne temperaturen legges inn i samme logg som røykgasskomposisjonen, fordi man da kan utføre mer eksakte varmetapsberegninger.

4.2.5 Måling av referansenivåtemperaturer

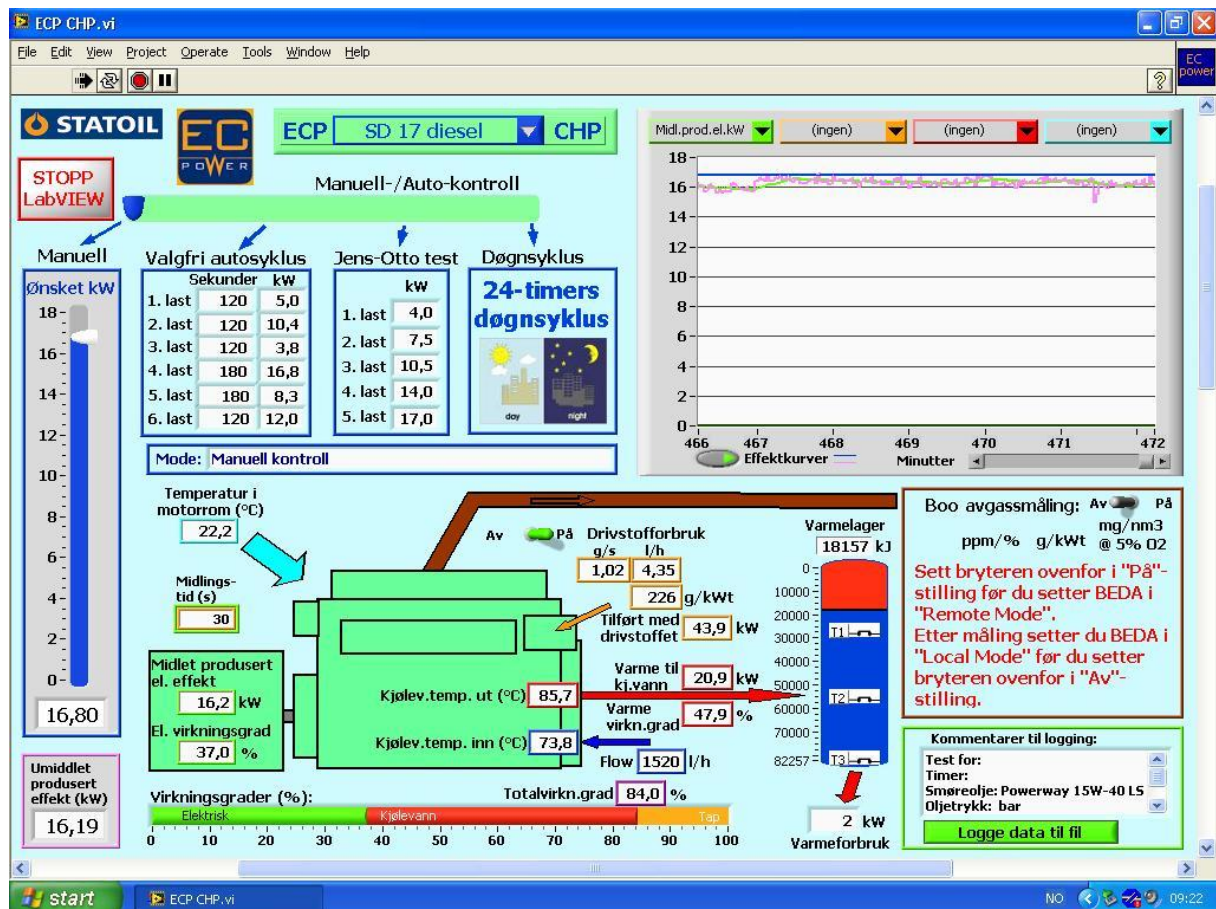
Ved varmetapsberegninger er det nødvendig både å vite temperaturen til røykgassen og til luften som tilføres. På Mongstad er det plassert en temperaturgiver et lite stykke over kraftenheten. Som referansenivå vil temperaturen bli målt mer eksakt rett bak ventilen for innsug av luft.

Temperaturen til drivstoffet bør også måles, men denne er mindre viktig da den utgjør kun 6-8% av massen som går med til forbrenningen.

Det er ønskelig at også disse to temperaturene legges inn i samme logg som er opprettet.

4.3 Testprogram og databehandling

Ved PKS på Mongstad er det tilknyttet en datamaskin til hvert av kogenereringsanleggene. Staben ved PKS har nylig utviklet et nytt testprogram for disse anleggene. Ved hjelp av dette programmet kan man styre produksjonen ved å definere elektrisitetsforbruk og varmekonsum i stedet for at disse forbrukene blir målt slik som på driftsanelggene. Ved hjelp av det samme program kan man også velge å loggføre data.



Figur 6 Laboversiktsbilde til testanlegg på Mongstad

Avgassmålingen er ikke aktivert på dette bildet.

4.3.1 Målte og beregnede data i logg:

Tabell 2 Målte og beregnede data i logg i testanlegg

Data	Enhet
Drivstofforbruk	g/s
Drivstofforbruk	l/h eller nm ³ /h
Spesifikt drivstofforbruk	g/kWh el.prod
Effekt tilført med drivstoff	kW
El.virkningsgrad	%
Varmevirkningsgrad	%
Totalvirkningsgrad	%
Umidlet el. effekt	kW
Midlet el. effekt	kW
Varme til kjølevann	kW
Test avgassmåler	av/på
Volumetrisk konsentrasjon av HC, NO _x , CO, CO ₂ , O ₂	ppm og %
Spesifikk massekons. av samme komponenter	g/kWh el.prod
Spesifikk massekons. av HC, NO _x og CO	mg/nm ³ ved 5% O ₂
Beregnet lambda	-
Kjølevannsstrøm	l/h
Kjølevannstemperatur inn	°C
Kjølevannstemperatur ut	°C
Varmelager (Virtuelt)	KJ
Melding om varm/kald temperaturføler i varmebuffer	0/1
Temperatur testrom	°C

4.3.2 Innsetningsdata i logg

Tabell 3 Innsetningsdata i logg

Data	Enhet
Tid (automatisk innsetting)	
Ønsket elektrisk effekt	kW
Varmeforbruk	kW
Energiinnhold i drivstoff	MJ/kg eller MJ/m ³
Tetthet til drivstoff	kg/dm ³ eller kg/m ³
Midlingstid for målte data	s

4.3.3 Styring og informasjon ved bruk av testprogram

Oppstart av anlegget skjer på normal måte via styretavlen.

De drivstoffspesifikke verdiene er lagret i programmet fra tidligere tester, og de kan meget enkelt endres dersom ønsker å variere på kvaliteten til drivstoffet. Dette gjelder også midlingstiden for målingene.

For styring av elektrisitetsproduksjonen kan man velge mellom 4 ulike modus. Alle lastnivåer baseres på ønsket elektrisk effekt som tilsvarer det målte elektrisitetsforbruket i styretavlen til driftsanlegg.

Tabell 4 Laststyringsmodus i testprogram

Laststyringsmodus	Beskrivelse
Manuell	Manuell angivelse av lastnivå. Lastnivå opprettholdes inntil det forandres manuelt eller sikkerhetssystemet stopper produksjonen.
Valgfri autosyklys	Valgfrie lastnivå og deres varighet defineres manuelt
Jens-Otto test	Fastlagte lastnivå basert på femtedelsoppdeling. Varighet er bestemt.
Døgnsyklus	Døgnplan for lastnivå

Fordi man ønsker at testing av anlegget skal være uavhengig av varmebehovet blir varmebehovet definert manuelt i laboversiktsbildet. Der er det også lagt inn et virtuelt varmelager som fylles opp eller tømmes avhengig av definert varmebehov og målt varmeproduksjon. Varmeinnholdet i dette lageret kan enkelt defineres til å være en ønsket verdi innenfor maksimal kapasitet. Fordi kapasitet og temperaturmåling er lagt inn for varmebufferen i programmet kan anlegget fremdeles reagere på vanlig måte ved når varmemengden i bufferen varierer. Alle data som registreres i loggen blir kontinuerlig vist på oversiktsbildet. Virkningsgradene er også tilordnet et diagram som kontinuerlig oppdateres.

Røykgassmålingen styres fra programmet. Denne kan slås av og på manuelt i programmet. På det nåværende tidspunkt har dette vært litt problematisk da programmet kommer i ubalanse når dette gjøres. Det tar litt over et halvt minutt før alle verdier blir stabile igjen.

Komposisjonen til røykgassen vises med alle enheter i oversiktsbildet.

Det er mulighet for å legge inn kommentarer i logg som man velger å skrive til fil.

Alle målte og beregnede verdier kan velges å bli vist fire om gangen i et diagram i oversiktsbildet. På denne måten kan man kontrollere at alle verdier har stabilisert seg før man begynner logging. I dette diagrammet kan man lese historikk for inneværende periode testprogrammet har vært aktivert.

5 KONTROLL AV YTELSESSPESIFIKASJONER FOR XRGI 13

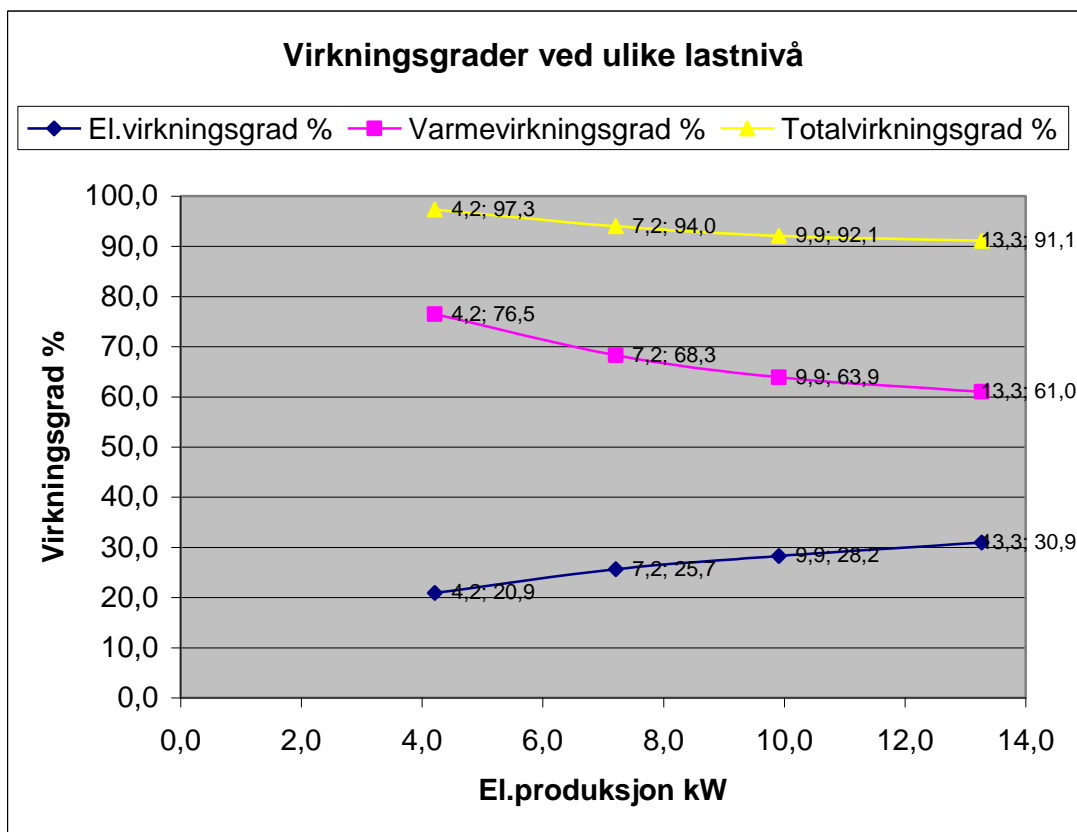
Tabell 5 Ytelse XRGI 13

Ytelse	Spesifisert verdi [4]	Målt verdi	Kommentar
Mekanisk ytelse ved 1535 rpm	14,4 kW	-	Ikke utstyr for måling av dette.
Maksimal elektrisk virkningsgrad	28,5% +/- 0,5%	30,9%	Krav tilfredstilt, men verdi er større enn den ble antatt å kunne bli.
Elektrisk produksjon	13 kW	13,3 kW	Ok. Krav tilfredstilt
Varmeproduksjon	29,5 kW +/- 1 kW	26,2 kW	Denne er en del lavere enn antatt.
El. virkningsgrad ved varierende belastning	Mer enn 26% ved prod > 10 kWel	28,2%	Denne er målt ved 9,9 kWel. Krav tilfredstilt.
Totalvirkningsgrad	Opp til 93% +/- 1% ved prod > 10 kWel	92,1%	Denne er målt ved 9,9 kWel Verdi ligger innenfor angitt område. Krav tilfredstilt
Brenselforbruk	2,1 – 4,2 m ³ /h +/- 0,1	2,0 – 4,3 m ³ /h	Brenselforbruk er som forventet

Den maksimale virkningsgraden for elektrisitetsproduksjon er hele 1,9% større enn angitt ramme. Dersom dette er reelt, er det positivt fordi kvaliteten til elektrisitet er høyere enn for varme. PKS opplyser at komposisjon og brennverdi for naturgassen på Monstad er noe forskjellig i forhold til den som er benyttet ved test hos EC Power. Det antydes at naturgassen på Mongstad gir bedre virkningsgrad for motoren og derved bedre el.virkningsgrad. En bedre målt el.virkningsgrad enn spesifisert kan dessuten bety at brennverdien til gassen i virkeligheten er noe bedre enn spesifisert parameter i programmet. El.virkningsgraden øker når lastnivået økes, men det at el.produksjonen er 13,3 kW mot 13,0 kW spesifisert har ikke større betydning for virkningsgraden enn 0,05%. Denne verdi fås ved interpolering mellom de to største lastnivå.

Varmeproduksjonen er 2,3 kW lavere enn den rammen som ble gitt. Flytting av måleinstrumentering for varmeberegning mot kraftenhet tilsier at varmeproduksjonen skulle vært større enn normalt fordi man måler før noe av tapet kommer. PKS Mongstad opplyser at bedre måling av varmeproduksjon på testanlegget tilsier at spesifisert verdi er noe feil. Årsaken til lav faktisk varmeproduksjon kan også bety at varmeveksleren for røygassen er noe mer skitten en da spesifikasjonstester ble utført. Dårligere varmeovergangstall for varmeveksleren på grunn av sotbelegg gjør at man ikke får senket røygastemperaturen like mye som dimensjonert. Det bør være rutiner og metoder for rengjøring av varmevekslere som benyttes til røygass.

5.1 Virkningsgrader ved ulike lastnivå



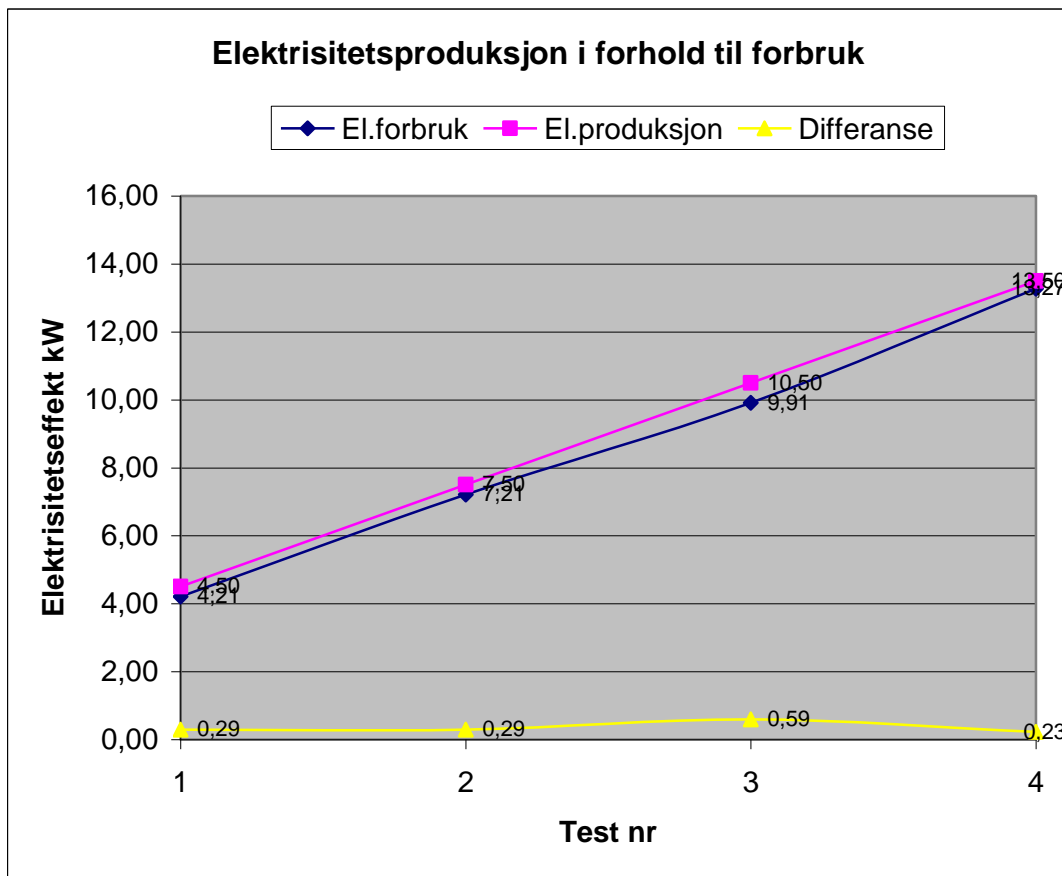
Figur 7 Virkningsgrader for XRGI 13 ved ulike lastnivå

Virkningsgraden for elektrisitetsproduksjon øker dersom lastnivået øker. Dette er naturlig da den mekaniske virkningsgraden for motoren også øker med belastningsnivået fram mot full last. Det er positiv korrelasjon mellom virkningsgrad for motor og virkningsgrad for el.produksjon. $\eta_{el.prod} = \eta_{motor} * \eta_{generator}$

Varmevirkningsgraden reduseres ved økende lastnivå. Dette er naturlig da oppholdstiden til røykgassen i varmeveksleren reduseres, og derved at mindre andel av varmen får tid til å tas opp i kjølevannet. Dette kan vi se ved at røykgass temperaturen øker ved høyere lastnivå.

Totalvirkningsgraden for anlegget reduseres litt ved økende lastnivå fordi varmevirkningsgraden reduseres mer enn el.virkningsgraden øker. Vi får utnyttet en større andel av energien ved lav last, men energien har lavere kvalitet. Energi i form av elektrisitet har størst kvalitet, og man tilstreber derfor at denne skal være maksimal så lenge totalvirkningsgraden holder seg rimelig akseptabel. 91,1% er bra ved full last. Det er opp mot den virkningsgrad som store moderne kraftanlegg er i stand til å opprettholde.

5.2 Elektrisitetsproduksjon i forhold til elektrisitetsbehov



Figur 8 Elektrisitetsproduksjon ved XRGI 13 i forhold til forbruk

Når målt forbruk, eller angitt forbruk i testprogram, er lavere enn maksimal produksjonskapasitet viser målingene at produksjonen ligger i størrelsesorden 0,3 kW lavere enn forbruket. Dette er gjort bevisst for å sikre at anlegget ikke leverer mer elektrisitet enn forbruket dersom det er angitt i styretavle at anlegget ikke skal levere elektrisitet til kraftnettet.

6 KONTROLL AV TOTALT MÅLESYSTEM

Det blir per i dag ikke målt hvilke tap man har ved at røykgassen har en høyere temperatur i forhold til omgivelsestemperaturen. Prinsipielt skal dette tapet tilsvare 100% - total virkningsgrad, eller beskrevet på en annen måte; Tap = Effekt tilført med brensel – el. effekt – varme effekt.

Det tas her utgangspunkt i XRGI 13 naturgass anlegg ved full produksjon.

Temperaturen til kjølevannet måles rett på utsiden av kraftenhet, og det regnes derfor ikke med noe tap fra rør før måling. Selve kraftenheten er en isolert kasse, og varmeeffekt tapet fra denne er lite i sammenligning med de energimengder som er i omløp. Temperatur i rommet hvor anlegget er installert er målt til å være 23,74°C. Denne temperaturen blir også referansepunktet da dette er omtrent temperaturen til luften som trekkes inn i kraftenheten for forbrenning.

6.1 Målt røykgasstemperatur

Under røykgassmålinger på anleggene på Mongstad ble temperaturen til røykgassen målt før loggingen ble startet opp. Da denne temperaturen ikke ble målt kontinuerlig og ikke ble logget sammen med de andre verdiene er det tilknyttet en stor usikkerhet i forhold til andre data. Trolig vil usikkerheten være opp imot en hel grad, men dette kan ikke bekreftes på noen måte.

Målt temperatur i røykgass ved full produksjon: 93,1°C

6.2 Beregnet røykgasstemperatur

Beregningen utføres på grunnlag av beregnet tapseffekt og aktuell luftmengde og komposisjonens Cp verdi.

Effekt tilført med brensel:	42,90 kW
Effekt levert som el.:	13,27 kW
Effekt levert som varme:	26,17 kW
Effekt beregnet tap:	3,46 kW

Det forventes at effekt tapet i røykgassen skal være noe mindre enn det totale tapet fordi det finnes noen småkilder til effekt tap. Det forventes at beregnet temperatur i røykgassen er litt høyere enn den målte.

6.2.1 Komposisjon naturgass

Følgende verdier [5] er oppgitt til å være representative for benyttet naturgass under test.

Tabell 6 Komposisjon naturgass

NG målt av RP i rapport 313-001	Verdier i mol%
Karbondioksid	0,5249
Oksygen	0,0000
Nitrogen	0,0000
Metan	93,4803
Etan	4,4328
Propan	0,8022
Iso-butan	0,5116
N-butan	0,0994
Iso-pentan	0,0705
N-pentan	0,0193
C6+	0,0590
Sum	100,00

Tabell 7 Gjennomsnittlig molarmasse til naturgass

Komponent i naturgass	Mol%	M	Gjennomsnittlig Molarmasse Mol% * M
Karbondioksid	0,5249	44	0,2309
Oksygen	0	32	0,0000
Nitrogen	0	28	0,0000
Metan	93,4803	16	14,9568
Etan	4,4328	30	1,3298
Propan	0,8022	44	0,3530
Iso-butan	0,5116	58	0,2967
N-butan	0,0994	58	0,0577
Iso-pentan	0,0705	72	0,0508
N-pentan	0,0193	72	0,0139
C6+	0,059	86	0,0507
Sum	100		17,3403

C6+ består av hydrokarboner med 6 eller flere karbonatomer i kjeden. Fordi innholdet av C6+ er så lite i forhold til metan velges det å tilnærme molarmassen til C6+ med molarmassen for C6 Heksan.

6.2.2 Luftforbruk ved forbrenning av naturgass

Tabell 8 Luftforbruk ved forbrenning av naturgass

Komponenter i naturgassen	Mol%	Luftforbruk (kg luft / kg gass i) ved forbrenning	Luftforbruk (kg luft / kg naturgass) ved forbrenning
Karbondioksid	0,5249	0	0,00
Oksygen	0,0000	0	0,00
Nitrogen	0,0000	0	0,00
Metan	93,4803	17,16	16,04
Etan	4,4328	16,02	0,71
Propan	0,8022	15,60	0,13
Iso-butan	0,5116	15,38	0,08
N-butan	0,0994	15,38	0,02
Iso-pentan	0,0705	15,25	0,01
N-pentan	0,0193	15,25	0,00
C6+	0,0590	15,16	0,01
Sum	100,00		16,99

"Luftforbruk (kg luft / kg gass i) ved forbrenning" er beregnet med utgangspunkt i forbrenningslikningen for de ulike gassene.

"Luftforbruk (kg luft / kg naturgass) ved forbrenning" er fått ved å multiplisere verdiene i de to foregående kolonnene.

6.2.3 Beregning av N₂ og H₂O andel av røykgassen

På grunn av ulike nøyaktighetsgrad i røykgassmålingen, og forenklede beregninger, er det i noen grad benyttet ulikt antall desimaler i beregningene.

Notasjonen [Gasskomponent] betyr her konsentrasjon.

Luftens komposisjon: [6]

Nitrogen N ₂	78.084 %
Oksygen O ₂	20.9476 %
Argon Ar	0.934 %
Karbondioksid CO ₂	0.0314 %
Neon Ne	0.001818 %
Metan CH ₄	0.0002 %
Helium He	0.000524 %
Krypton Kr	0.000114 %
Hydrogen H ₂	0.00005 %
Xenon Xe	0.0000087 %

For beregningsformål benyttes gjerne en slik komposisjon:

Nitrogen N₂ 78,95%
Oksygen O₂ 21,05%

For å finne konsentrasjonen av N₂ i røykgassen er det nødvendig å finne volumetrisk sammenheng mellom luft og blanding av luft og naturgass.

Til "1 mol naturgass" benyttes det følgende mengde luft:

$$\text{Luftforbruk kg luft/kg naturgass} \cdot \lambda \cdot (M \text{ naturgass} / M \text{ luft}) = 16,99 \cdot 1,412 \cdot (17,34/28,56) = 14,57 \text{ mol luft / mol naturgass}$$

Dersom man først antar at alt N₂ fremdeles eksisterer som N₂ etter forbrenningen vil man få følgende konsentrasjon av N₂ i røykgassen: $78,95\% \cdot (14,5653/(1 + 14,5653)) = 73,88\%$

I virkeligheten blir noe av N₂ benyttet til NO_x dannelse:

$$\text{Reduksjon i [N}_2\text{]} = 0,5 \cdot [\text{NO}_x] = 0,5 \cdot 0,02147\% = 0,01073\%$$

$$\text{Virkelig konsentrasjon av N}_2 \text{ i røykgass: } 73,88\% - 0,01\% = 73,87\%$$

Vi kan se at betydningen av [NO_x] er svært liten.

Summen av konsentrasjonen til målte komponenter i røykgassen + [N₂] = 100% - [H₂O], slik at:
[H₂O] = 100% - 73,87% - 7,99% - 6,9% - 0,03728% - 0,02147% - 0,1176% = 11,06%

Med utgangspunkt i disse beregningene og målte konsentrasjoner kan man kontrollere om svaret samsvarer i større eller mindre grad med virkeligheten;

Beregner O₂ konsentrasjon i luften på grunnlag av den komposisjonen av røykgassen som er framkommet.

Tabell 9 Beregnet konsentrasjon av oksygen i røykgass

Målte komponenter i røykgassen	Komponenter i røykgassen med beregnet konsentrasjon	Mol% tilsvarende volum%	O ₂ ekvivalent	Ekvivalent O ₂ kons.
Karbondioksid		7,99	1	7,99
Oksygen		6,9	1	6,9
Karbonmonoksid		0,03728	0,5	0,01864
Nitrogenoksider		0,02147	0,55	0,01181
HC		0,1176	0	0
	Nitrogen	73,87	0	0
	Vanddamp	11,06	0,5	5,53
Sum		100%		20,45

Dersom vi sammenligner ekvivalent [O₂] og [O₂] i luft ser vi at avviket kun blir 21,05% – 20,45% = 0,6%

Det er brukt en [N₂] som er 0,87% for stor i forhold til virkeligheten på grunn av innhold av Argon. Dersom dette tas hensyn til vil ekvivalent [O₂] = 20,88% som avviker kun med 0,17% fra virkeligheten.

De verdiene som er benyttet som O₂ ekvivalent kan diskuteres fordi volumet ikke er helt uavhengig av de reaksjoner som skjer mellom gassene ved forbrenning. Slik volumendring er valgt å ikke ta hensyn til på grunn av kompleksitet, og fordi denne nøyaktigheten ikke er nødvendig for å finne en tilfredsstillende C_p verdi for røykgassen.

For å slippe å ta med [Ar], og fordi resultatet av kontrollen ovenfor viser lite avvik, velges det å benytte de konsentrasjonene av N₂ og H₂O som det er kommet fram til.

6.2.4 Massestrøm røykgass

Registrert brenselforbruk: 0,865 g/s

Beregnet lambda: 1,412

Dette betyr at massestrømmen i røykgassen er omtrent slik:

Massestrøm røykgass = Brenselforbruk * Støkiometrisk luftforbruk * lambda

$$= 0,865 * 16,99 * 1,412 = 20,751 \text{ g/s}$$

6.2.5 Varmekapasiteten røykgassen ved målt røykgasstemperatur

Følgende tabell [7] benyttes til beregning av Cp verdier:

Compendium,
part II, page 11

Heat capacity, C_p

$$C_p = a + b \cdot T + c \cdot T^2 + d \cdot T^3$$

Table 1.2 Molar heat capacities of some gases.
 $C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$ where C_p is the molar heat capacity in $\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ and T is the temperature in Kelvins.

Species	a	$10^2 b$	$10^5 c$	$10^9 d$	Valid over temperature range (K)
H ₂	29.09	- 0.1916	0.4000	- 0.870	273-1800
O ₂	25.46	1.519	- 0.7150	1.311	273-1800
N ₂	27.32	0.6226	- 0.0950	—	273-3800
CO	28.14	0.1674	0.5368	- 2.220	273-1800
CO ₂	22.24	5.977	- 3.499	7.464	273-1800
H ₂ O	32.22	0.1920	1.054	- 3.594	273-1800
CH ₄	19.87	5.021	1.286	- 11.00	273-1500
C ₂ H ₂	21.80	9.208	- 6.523	18.20	273-1500
C ₂ H ₄	3.95	15.63	- 8.339	17.66	273-1500
C ₂ H ₆	6.895	17.25	6.402	7.280	273-1500
C ₃ H ₈	- 4.042	30.46	- 15.71	31.71	273-1500
C ₆ H ₆	- 39.19	48.44	- 31.55	77.57	273-1500
CH ₃ OH	19.04	9.146	- 1.218	- 8.033	273-1000
NH ₃	27.55	2.563	0.9900	- 6.686	273-1500
NO	27.03	0.9866	0.3223	0.3652	273-3800
SO ₂	25.76	5.791	- 3.809	8.606	273-1800

Figur 9 Cp verdier for gasser

Tabell 10 Cp verdi for røykgass

Komponent i) i røykgassen	Mol% tilsvarende volum%	Cp [J/(mol*K)] for komponent i) ved målt temperatur	Cp [J/(mol*K)] for røykgass ved målt temperatur
CO2	7,99	39,7984	3,18
O2	6,90	30,1271	2,08
CO	0,03728	29,3634	0,01
NOx (tilnærmer med) NO	0,02147	31,0918	0,01
HC tilsvarende CH4	0,1176	39,4357	0,05
N2	73,87	29,4720	21,77
H2O damp	11,06	34,1592	3,78
Sum	100%		30,87

Må finne gjennomsnittlig molarmasse for røykgassen for å endre enheten til å bli J/g*K.

Tabell 11 Gjennomsnittlig molarmasse for røykgass

Komponent i) i røykgassen	Mol% tilsvarende volum%	M [g/mol] for komponent i)	M [g/mol] for røykgassen
CO2	7,99	44,00	3,52
O2	6,90	32,00	2,21
CO	0,03728	28,00	0,01
NOx	0,02147	31,60	0,01
HC	0,1176	17,34	0,02
N2	73,87	28,00	20,68
H2O damp	11,06	18,00	1,99
Sum	100%		28,44

Verdi for molarmasse for HC er vurdert til å tilsvare gjennomsnittlig molarmasse for naturgassen. Det blir ikke mye feil fordi naturgassen for det meste består av kun én komponent, metan.

Varmekapasitet for røykgass $C_p = 30,87 / 28,44 = 1,08544 \text{ J/(g*K)}$

Det beregnede tap i røykgassen er 3,46 kW. Referansetemperaturen er målt til å være 23,74°C.

$$\Rightarrow \text{Tap i eksosen} = 3460 \text{ W} = \text{massestrøm røykgass} * C_p * (\text{Beregnet T i røykgass} - 23,74)$$

$$\Rightarrow \text{Beregnet T i røykgass} = 3460 / (20,751 * 1,08544) + 23,74 = 177,36^\circ\text{C}$$

6.2.6 Betydning av CO, HC og varmetap fra kraftenhet.

Til sammenligning med 177,36°C var den målte temperaturen 93,1°C.

Tap i form av varme i røykgass ved 93,1°C: $20,751 \text{ g/s} * 1,08544 \text{ J/(g*K)} * (93,1 - 23,7) = 1,56 \text{ kW}$

Det ble målt 0,1176 mol% uforbrente hydrokarboner i røykgassen. Dette betyr at all energien i naturgassen ikke er blitt frigjort.

Tidligere er det funnet at det benyttes 14,57 mol luft per mol naturgass. Dette betyr at konsentrasjonen av HC i naturgassens som ikke forbrennes er $0,1176\% * (1 + 14,57)/1 = 1,8310\%$. Ganske mye egentlig!

1,8310% * Effekt brensel tilført = 0,79 kW

⇒ Redusert beregnet varmetap i røykgass pga [HC]= 0,79 kW

Forekomsten av CO betyr også at ikke all energien er frigjort. For å beregne den bundne energien i CO kan det forestas en svært forenklet beregningsmetode.

Finner først omtrentlig antall mol/s i røykgassen: "Molstrøm" = massestrøm / gjennomsnittlig molarmasse = $20,751 \text{ g/s} / 28,44 \text{ g/mol} = 0,73 \text{ mol/s}$

Brennverdi CO: 518,52 kJ/mol

⇒ Ikke frigjort energi pga CO forekomst = $518,52 \text{ kJ/mol} * 0,73 \text{ mol/s} * [\text{CO}] = 0,14 \text{ kW}$

⇒ Redusert beregnet tap som varme i røykgass på grunn av [CO] = 0,14 kW

⇒ Totalt redusert tap som varme i røykgass på grunn av [CO] og [HC] = 0,93 kW

6.2.7 Varmetap fra kraftenhet

Temperaturen til luften inne i kraftenheten vil stabilisere seg på en kombinasjon av temperaturen til kjølevannet inn og ut, og temperaturen til luften som benyttes i forbrenningen. Temperaturen inne i kraftenheten ble ikke målt under aktuell testing, men med grunnlag i følgende temperaturer kan man anta en rimelig temperatur:

Kjølevann inn: 80,0°C
Kjølevann ut: 93,2°C
Luft inn: 23,74°C

Antar at temperatur til luft inne i kraftenhet er omtrent gjennomsnittlig kjølevannstemperatur $(93,2 + 80,0)/2 = 87^\circ\text{C}$

Luften som tilføres vil bidra til reduksjon i temperatur på bakside av kraftenhet, mens røykgass og motor vil bidra til økt temperatur i resten av kraftenheten. Antar at disse påvirkningene opphever hverandre.

Kraftenheten har utvendig mål: $H*B*D = 1,11*1,25*0,075 \text{ m}$ som gir et areal på 5,1m²

Det er benyttet 50 mm mineralull som isolasjon. Det er vanlig å bruke varmeledningstall $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$ for mineralull.

Forenklet beregning av varmetap fra kraftenhet = $\lambda*A*\Delta t/l$

⇒ Varmetap fra kraftenhet = $0,037 * 5,1 * (87 - 24) / 0,05 = 238 \text{ W} = 0,24 \text{ kW}$

Dersom vi tar hensyn til disse tre faktorene får vi en ny beregnet T' røykgasstemperatur:

$T' = (3460 - 930 - 223) / (20,751 * 1,08544) + 24 = 126^\circ\text{C}$

Vi får følgende oversikt over energistrømmene i systemet:

Tabell 12 Energistrømmer i anlegg XRGI 13 Mongstad

Energi tilført med brensel:	42,90 kW
Energi levert som el.:	13,27 kW
Energi levert som varme:	26,17 kW
Energitap pga energi bundet i HC i eksos:	0,79 kW
Energitap pga energi bundet i CO i eksos:	0,14 kW
Energitap fra kraftenhet:	0,24 kW
Energitap pga ΔT i eksos:	1,56 kW
Energitap rest:	0,73 kW

Den resterende energitapet kan nok tilskrives dissosiasjon (her: NO_x dannelse). Dersom man beregner energi til dannelse av NO_x ved samme metode som ble brukt til å finne energitap på grunn av [CO], kan man finne at:

$$\text{Energitap ved dannelse av NO}_x = 90,29 \text{ kJ/mol} * 0,73 \text{ mol/s} * [\text{NO}_x] = 1,42 \text{ kW}$$

Verdien 90,29 kJ/mol [8] er dannelsesentalpien for NO, som brukes her som er tilnærming til dannelsesentalpien for NO_x.

Når man tar hensyn til energi til NO_x dannelse får man beregnet røykgasstemperatur til å bli 63°C Dette er for lavt, men usikkerheten til alle faktorer tatt i betraktning er ikke denne verdien veldig feil.

6.3 Konklusjon til kontroll av totalt målesystem

Selv om den beregnede omtrentlige verdien for energi forbrukt til NO_x dannelse er større enn energistrømregnskapet tilsier, er det ikke noen grunn til å si at det er noen grunnleggende feil med målesystemet. Det er tatt hensyn til mange faktorer med til dels stor usikkerhet, og et avvik på 0,73kW – 1,42 kW = -0,69 kW betyr ikke så mye. Det var ikke forventet å komme noe særlig nærmere null.

Konklusjonen blir at resultatet av denne kontrollen gir så lite avvik at det ikke gir noen grunn til å hevde at målesystemet ikke er nok eksakt. Det er sannsynligvis tatt hensyn til alle faktorer som vil ha vesentlig betydning i denne sammenheng. Målesystemet er nøyaktig.

7 MÅLERESULTAT FOR E85

Måleresultat for E85 ved Lund Tekniske Høyskole i Sverige

Motor: Saab 2,3 liter

Katalysator: Treveis

Energiinnhold E85: 8,107 kWh / kg
 Støkiometrisk luftf: 13,93 kg luft / kg brensel
 Vo/Ao: 0,92
 T. CO2 prod.: 2,087 kg / kg brensel
 Virkningsgrad gen. 93 %

Tallverdier for røykgass før katalysator

Omdr. rpm	Moment Nm	Akseleffekt kW	El. effekt kW	Brenselforbruk kg/h	Brenselforbruk kW	Virkningsgrad motor %	El. virkningsgrad %	HC ppm	Nox ppm	CO ppm
1500	0	0,000	0,000	2,11	17,11	0,00	0,00	150	20	1300
1500	25,7	4,035	3,752	2,48	20,11	20,07	18,66	316	490	6700
1500	50	7,850	7,301	3,51	28,46	27,59	25,66	380	1270	6700
1500	75	11,775	10,951	4,7	38,10	30,90	28,74	380	2000	6000
1500	99,7	15,653	14,557	5,84	47,34	33,06	30,75	390	2250	6300
1500	125	19,625	18,251	7,16	58,05	33,81	31,44	360	2300	6000
1500	150	23,550	21,902	8,61	69,80	33,74	31,38	370	2300	5400
1500	168	26,376	24,530	9,68	78,48	33,61	31,26	377	2200	5000

Tallverdier for røykgass etter katalysator

Omdr. rpm	Moment Nm	Akseleffekt kW	El. effekt kW	Brenselforbruk kg/h	Brenselforbruk kW	Virkningsgrad motor %	El. virkningsgrad %	HC ppm	Nox ppm	CO ppm
1500	0	0,000	0,000	2,11	17,11	0,00	0,00	14	65	16
1500	25,7	4,035	3,752	2,48	20,11	20,07	18,66	36	0,5	73
1500	50	7,850	7,301	3,51	28,46	27,59	25,66	15	2,5	28
1500	75	11,775	10,951	4,7	38,10	30,90	28,74	14	1,57	68
1500	99,7	15,653	14,557	5,84	47,34	33,06	30,75	23	8	180
1500	125	19,625	18,251	7,16	58,05	33,81	31,44	30	11	420
1500	150	23,550	21,902	8,61	69,80	33,74	31,38	54	18	400
1500	168	26,376	24,530	9,68	78,48	33,61	31,26	54	20	800

8 BEREGNINGER I FORBINDELSE MED TILPASSING AV MÅLERESULTAT FOR E85

Den beregningsmetode som det er kommet fra til her kan tilpasses også for røykgassmålinger for andre drivstoff, der måleresultatene kun er gitt som volumetrisk konsentrasjon. Betingelsen for å kunne gjøre dette er at det må være måling av brenselforbruk.

8.1 Akseleffekt og elektrisk effekt

Akseleffekt [kW] = moment [Nm] * omdreiningstall [rpm] * 2π / 60 sek/min / 1000

Elektrisk effekt [kW] = Akseleffekt [kW] * η generator

Generatorvirkningsgraden er ca 93% for EC Power sine anlegg. 93% virkningsgrad er en generelt vanlig virkningsgrad for små generatorer. Denne virkningsgraden blir derfor benyttet for alle anlegg i denne oppgave.

8.2 Energiinnhold i E85

Dette beregnes på grunnlag av 15% bensin og 85% etanol

Tabell 13 Brennverdi E85

Bestanddel	Andel i E85	Brennverdi MJ/kg [9]
Bensin	0,15	42,7
Etanol	0,85	26,8
E85	...	29,185

Dette tilsvarer 8,107 kWh / kg

8.3 Støkiometrisk luftforbruk til forbrenning av E85

Tabell 14 Støkiometrisk luftforbruk til forbrenning av E85

Bestanddel	Andel i E85	Teoretisk luftforbruk kg/kg [9]
Bensin	0,15	9
Etanol	0,85	14,8
E85	13,93

8.4 Beregning av overskuddsluft

Benytter følgende formel til dette:

$$(\lambda - 1) = (V_o/A_o) * ([O_2]/(20,95 - [O_2]))$$

Forholdet (V_o/A_o) settes til å være lik 0,92. Dette er en omtrentlig verdi som ligger innenfor 0,90 og 0,96 som er vanlig å benytte.

[O₂] er ikke kun den målte verdi, men [O₂]målt - ½*[CO₂]målt

Dette må gjøres pga dissosiasjon av CO₂ til CO + ½*O₂, som medfører høyere verdier for oksygen enn teoretisk.

Vi kan se av de målingene som er fått at lambda er nesten lik 1. Innholdet av HC i røykgassen betyr at oksygen ikke er benyttet til å forbrenne denne mengden HC, som igjen betyr at lambda i virkeligheten er enda mindre. Det kan se ut som om motoren går ved litt lavere enn støkiometrisk luftmengde, og det er litt uheldig. Det er vanlig ved bruk av treveis katalysator at luftmengden skal være støkiometrisk eller litt større. Vi kan se at det er fremdeles noe CO og HC igjen etter katalysatoren, men ikke O₂. Det underbygger påstanden om at luftmengden er under støkiometrisk, og dermed ikke er helt ideell.. Katalysatorer er mer beskrevet i kapittel 12.1

8.5 Luftforbruk

Luftluft = Brenselforbruk*λ*støkiometrisk luftforbruk

8.6 Beregning av volum% Nitrogen

Forholdstallene er basert på N₂ og O₂ i luft.

Tabell 15 N₂ mengde i forhold til andre gasser

Bestanddel	Volumetrisk mengde	Tilsvarende N ₂ mengde
O ₂	K målt	3,75*K
CO ₂	L målt	3,75*L
CO	M målt	1,88*M
NO _x	N målt	(0,1*3,75+0,9*1,88)*N=2,076*N

8.7 Bestandelens masseandeler i E85

Tetthet til bensin: 0,720 - 0,775 kg/liter [9] Antar gjennomsnitt: 0,748 kg/liter

Tabell 16 Bestandeler i E85

Drivstoff	Tetthet kg/liter	C Vekt%	H Vekt%	O Vekt%	C kg/liter	H kg/liter	O kg/liter
Bensin	0,748	86	14	0	0,643	0,105	0,000
Etanol	0,790	52	13	35	0,411	0,103	0,277
E85	0,784	56,9	13,1	30,0	0,446	0,103	0,235

8.8 Teoretisk CO₂ og H₂O produksjon ved forbrenning av E85

Teoretisk vil alt karbon i brenselet bli bundet i CO₂ ved forbrenning

Molvekt C 12 g/mol
Molvekt O 16 g/mol
Molvekt CO₂ 44 g/mol

Forhold mellom CO₂ og C: 44/12 = 3,667

.=> Teoretisk CO2 produksjon = 0,569 kg C / kg brensel * 3,667 kg CO2 pr kg C = 2,087 kg CO2 pr kg E85

Molvekt H 1 g/mol
Molvekt O 16 /mol
Molvekt H2O 18 g/mol

Forhold mellom H2O og H: 18/1 = 18

.=> Teoretisk H2O produksjon = 0,131 kg H / kg brensel * 18 kg H2O pr kg H = 2,358 kg H2O pr kg E85

8.9 Teoretisk spesifikk CO2 produksjon g/kWh

Utslippene av CO2 relateres til teoretisk elektrisitetsproduksjon.

Teoretisk el.prod = virkningsgrad generator * akseleffekt

Utslipp av CO2 per time = Vektforhold CO2/E85 * brenselforbruk per time

$$\Rightarrow \text{CO2 prod.} = (2,083 * 1000 * \text{brenselforbruk per time}) / (\eta \text{ gen} * \text{akseleffekt}) \text{ [g/kWh]}$$

8.10 Molekylvekt HC i røykgass ved forbrenning av E85

95 oktan bensin: 95% iso-oktan tilsvarer oktan med 114 g/mol
 5% n-heptan tilsvarer heptan med 100 g/mol
 Bensinmolekyler tilsvarer 108,35 g/mol

Etanol: C2H5OH Tilsvarer 46 g/mol

E85: 0,85*46 + 0,15*108,35 = 55,35 g/mol

8.11 Virkelig spesifikk CO2 produksjon g/kWh.

Dette må beregnes med utgangspunkt i CO2 produksjon ved fullstendig forbrenning, og røykgassmålinger.

Fordi man ikke har fullstendig forbrenning, må man trekke fra den CO2 mengden man ville produsert dersom de uforbrente produktene ble forbrent.

De uforbrente produktene er HC og CO.

Det vurderes hensiktsmessig å innføre følgende parametere:

Parameter	Verdi	Beskrivelse
L1	1	Mol CO2 produsert pr mol CO forbrent
L2	2,6245	Mol CO2 produsert pr mol HC forbrent.
K1	$([Y]/[X])*L1$	
K2	$([Z]/[X])*L2$	

L2 er utregnet på følgende måte: 55,35 g/mol (molekylvekt HC) * 0,569 (vekt% C) / 12 (Molarmasse C)

der,

[X] volumandel CO₂ i røykgass

[Y] volumandel CO i røykgass

[Z] volumandel HC i røykgass

[Y]*L1 tilsvarer "[CO₂] fra CO ved forbrenning av CO"

[Z]*L2 tilsvarer "[CO₂] fra HC ved forbrenning av HC"

På grunn av forholdet ovenfor kan man også gjøre følgende grep med enhetene:

$$K1 = ([Y]/[X])*L1 = ([CO_2] \text{ fra CO}) / ([CO_2] \text{ målt}) = \text{"g/kWh CO}_2 \text{ fra CO"} / \text{g/kWh (CO}_2 \text{ som faktisk er i røykgass)}$$

Samme for K2

Definerer så X1 og X2 til å være produksjon g/kWh CO₂ ved fullstendig forbrenning og faktisk ufullstendig forbrenning henholdsvis.

$$\Rightarrow X2 = X1 - K1*X2 - K2*X2 \Rightarrow X2 = X1 / (1 + K1 + K2)$$

Denne ligningen ligger til grunn for beregning av virkelig spesifikk CO₂ produksjon g/kWh el.produksjon.

8.12 Spesifikk produksjon av CO, Nox, O₂, og HC

Molarmasse CO₂: 44 g/mol

Molarmasse CO: 28 g/mol

Molarmasse O₂: 32 g/mol

Molarmasse HC: Funnet til å være ca 55,4 g/mol

Molarmasse Nox: Ca 90% NO og 10% NO₂ gir molarmasse 31,6 g/mol

Fordi røykgasstemperaturen og trykket er lik for alle gassene kan man gjøre følgende:

Spes. CO g/kWh = Spes. CO₂ g/kWh * ([CO]målt / [CO₂]målt) * molarmasseforhold CO/CO₂

Spes. O₂ g/kWh = Spes. CO₂ g/kWh * ([O₂]målt / [CO₂]målt) * molarmasseforhold O₂/CO₂

Spes. HC g/kWh = Spes. CO₂ g/kWh * ([HC]målt / [CO₂]målt) * molarmasseforhold HC/CO₂

Spes. NO_x g/kWh = Spes. CO₂ g/kWh * ([NO_x]målt / [CO₂]målt) * molarmasseforhold Nox/CO₂

9 MÅLERESULTAT FOR BIODIESEL

Det ble ikke funnet noen måleresultat for biodiesel som er laget med hensyn til europeisk standard før helt i slutten av utarbeidelsen av denne oppgave. De måleresultat som her benyttes er hentet fra amerikanske kilder. Alle måleresultat som er valgt benyttet nedenfor gjelder biodiesel laget av raps, som er det dominerende råstoffet i Europa.

RME Raps Metyl Ester er den mest vanlige typen biodiesel laget av raps.
REE Raps Etyl Ester er en alternativ type biodiesel som også lages.

9.1 Utvalgte betingelser for røykgassmålingene

Tabell 17 Utvalgte betingelser for biodiesel røykgassmålinger

Betingelser	RME	REE	Aktuelle verdier fra Europeisk standard
Årstall for målingene	1996	1996	-
Type motor	Cummins 5,9 liter Stasjonær	Cummins 5,9 liter	
Stasjonær	-		
Katalysator	Målinger med og uten oksidasjonskat.	Målinger med og uten oksidasjonskat.	-
Blandingsandel i diesel	100%	100%	-
Svovelinhold i drivstoff	1 ppm	1 ppm	< 10 ppm
Oksygeninnhold i drivstoff	9,9 vekt%	9,2 vekt%	-
Cetantall	58,7	60,7	> 51
Tetthet	0,8794 kg/liter	0,8751 kg/liter	0,86 – 0,90
Viskositet	5,51 cst	6,07 cst	3,5 – 5,0 cst
Netto brennverdi	16229 btu/pound = 10,477 kWh/kg	16336 btu/pound = 10,546 kWh/kg	-
Dreimoment	400 ft-lb = 542 J	400 ft-lb = 542 J	-
Omdreiningstall	1600 rpm	1600 rpm	-
Aktuell effekt	122 hp (beregnet)	122 hp (beregnet)	-
Maks effekt	160 hp	160 hp	-
Relativt lastnivå	76%	76%	-

Vi kan se at de aktuelle drivstoff tilfredsstillende EN 14214 for de utvalgte grenseverdiene, bortsett fra viskositeten. Det at viskositeten er høyere har betydning for injeksjonen av drivstoffet i motoren. Resultatet kan ha litt negativ betydning for partikkelutslipp og HC rester. Avviket er ikke veldig stort, og det ansees at disse drivstoffene kan representere europeisk RME og REE.

Det ble utført måling med vanlig amerikansk diesel på den samme motoren slik at dette ble referansemålingen.

Måleenheten er g/bhp-hr, gram pr bremsehestekraft time, tilsvarer vekt per energienhet benyttet til belastning på akselen til motoren. Ved omgjøring av enhet til g/kWh el.prod multipliseres verdi med 1 kWh/0,7457 hp mekanisk og med 100/93, der 93% regnes for å være virkningsgraden til en generator dersom denne hadde vært lasten på den motoren som det ble utført målinger på.

Tabell 18 Måleresultat rapsbiodiesel. Amerikanske enheter.

Måling	Enhet	RME	RME m/ oks.kat	REE	REE m/ oks.kat	Amerikansk diesel
CO ₂	kg/bhp-hr	0,642	0,640	0,645	0,651	0,622
CO	g/bhp-hr	0,90	0,61	0,95	0,64	1,51
NO _x	g/bhp-hr	4,52	4,48	4,26	4,26	4,39
HC	g/bhp-hr	0,09	0,06	0,11	0,07	0,30
Partikkel	g/bhp-hr	0,08	0,04	0,09	0,05	0,11
Brenselforbruk	g/bhp-hr	0,498	0,494	0,500	0,505	0,433

Tabell 19 Måleresultat rapsbiodiesel. SI enheter.

Måling	Enhet	RME	RME m/kat	REE	REE m/kat	Amerikansk diesel
CO ₂	kg/kWh el.prod	0,93	0,92	0,93	0,94	0,90
CO	g/kWh el.prod	1,30	0,88	1,37	0,92	2,18
NO _x	g/kWh el.prod	6,52	6,46	6,14	6,14	6,32
HC	g/kWh el.prod	0,13	0,09	0,16	0,10	0,43
Partikkel	g/kWh el.prod	0,12	0,06	0,13	0,07	0,15
Brensel forbruk	g/kWh el.prod	0,72	0,71	0,72	0,73	0,62

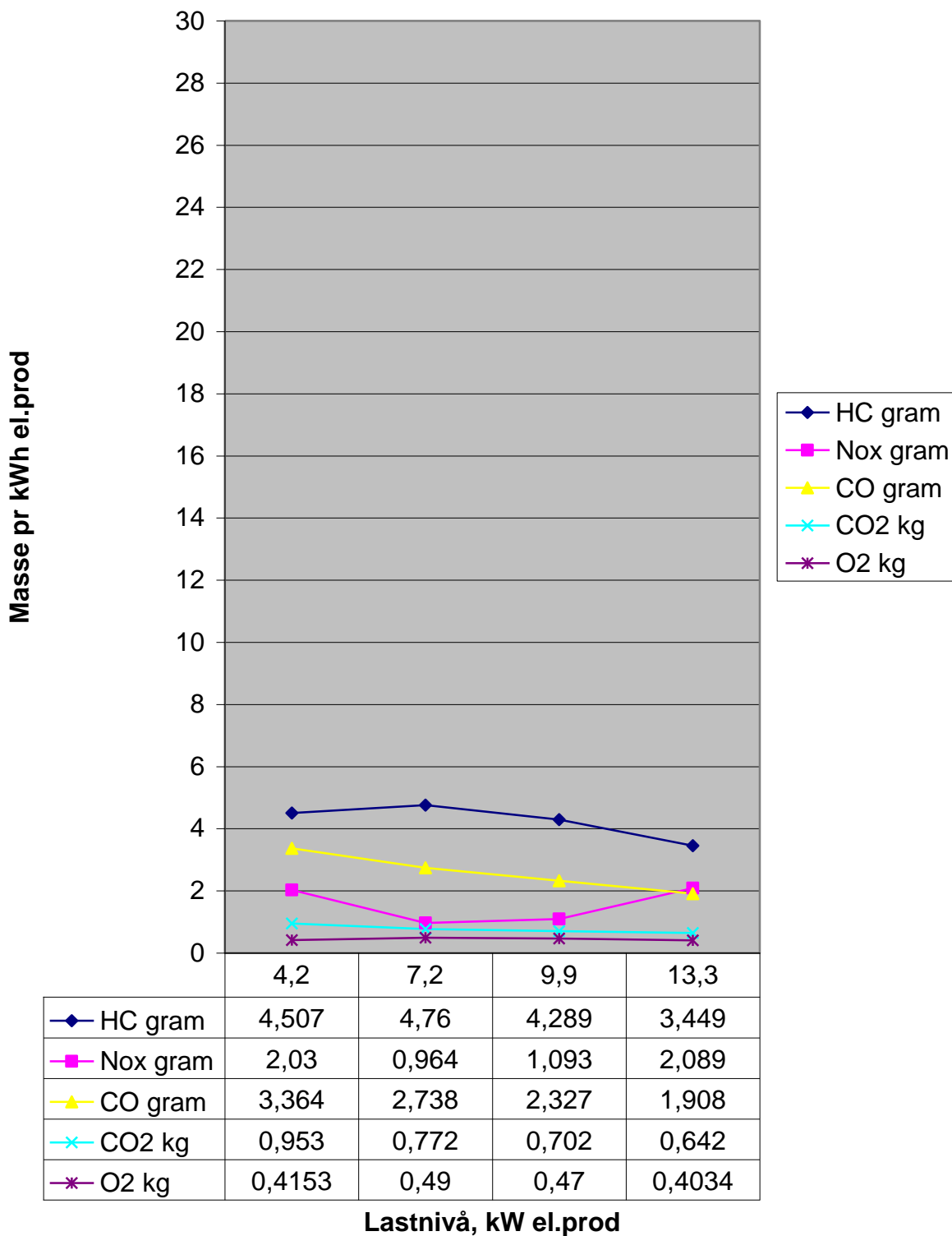
For måleresultatene for biodiesel er det ikke lagt ved direkte informasjon om maksimal effekt for motoren. Det er gitt informasjon om maksimalt turtall og maksimalt moment. På grunnlag av dette blir motoren vurdert til å gå med relativt høy effekt. Dersom maksimalt turtall og maksimalt moment ville oppstått samtidig ville den relative lasten vært 76%. Da dette ikke er tilfelle kan man anta at det er nesten full last. For sammenligning med andre drivstoff benyttes derfor verdier for full last for de andre drivstoffene.

Tabell 20 Måleresultat dieselanlegg Mongstad ved full last

Måling	Enhet	16,69 kW
CO ₂	kg/kWh el.prod	0,71
CO	g/kWh el.prod	1,37
NO _x	g/kWh el.prod	10,43
HC	g/kWh el.prod	0,78

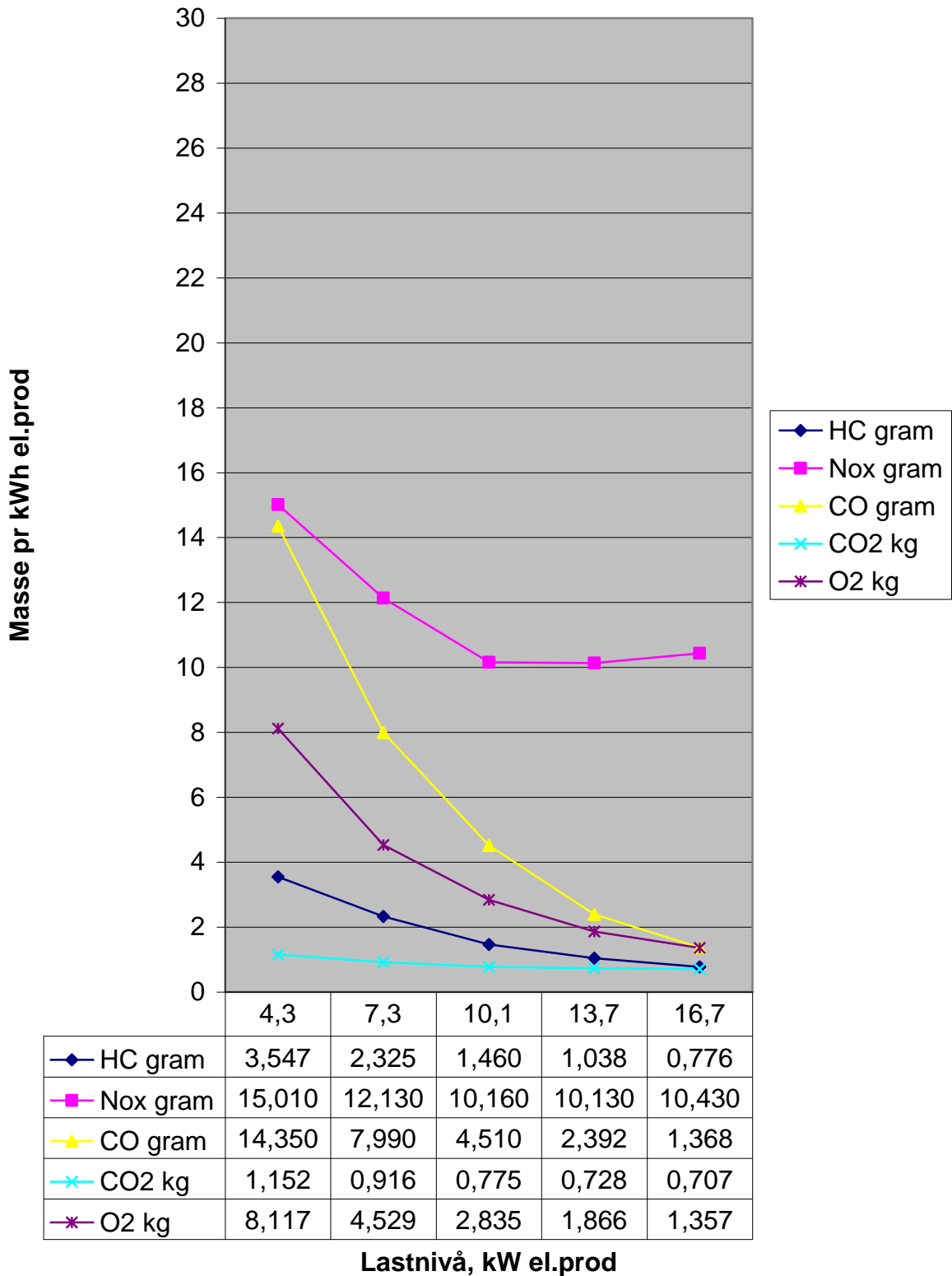
10 RØYKGASSDATA DIAGRAMMER FOR ULIKE DRIVSTOFF

Røykgassutslipp fra Toyota naturgassanlegg XRGI 13 uten katalysator



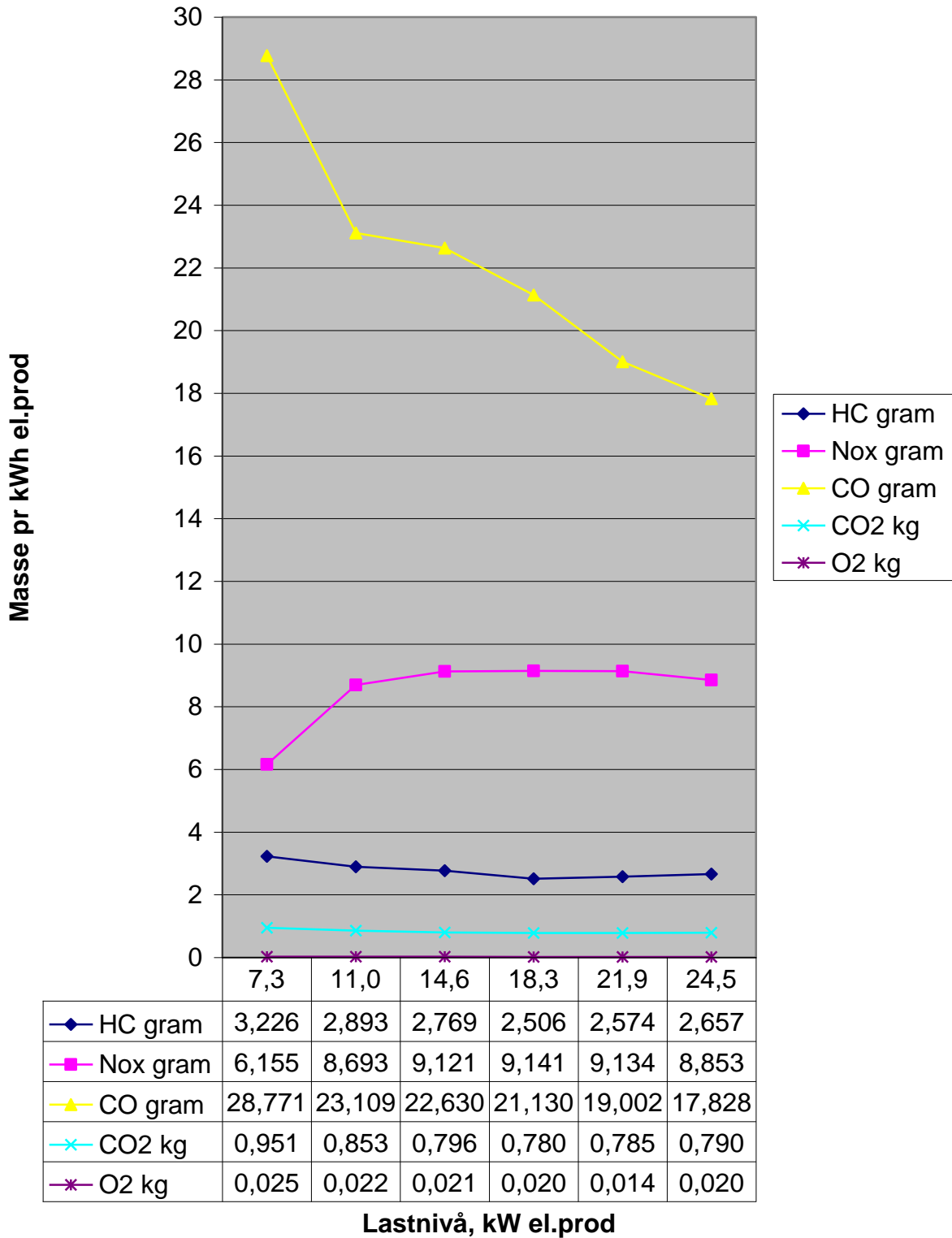
Figur 10 Røykgassutslipp fra Toyota naturgassanlegg XRGI 13 uten katalysator.

Røykgassutslipp fra dieselanlegg XRGI 17 uten katalysator



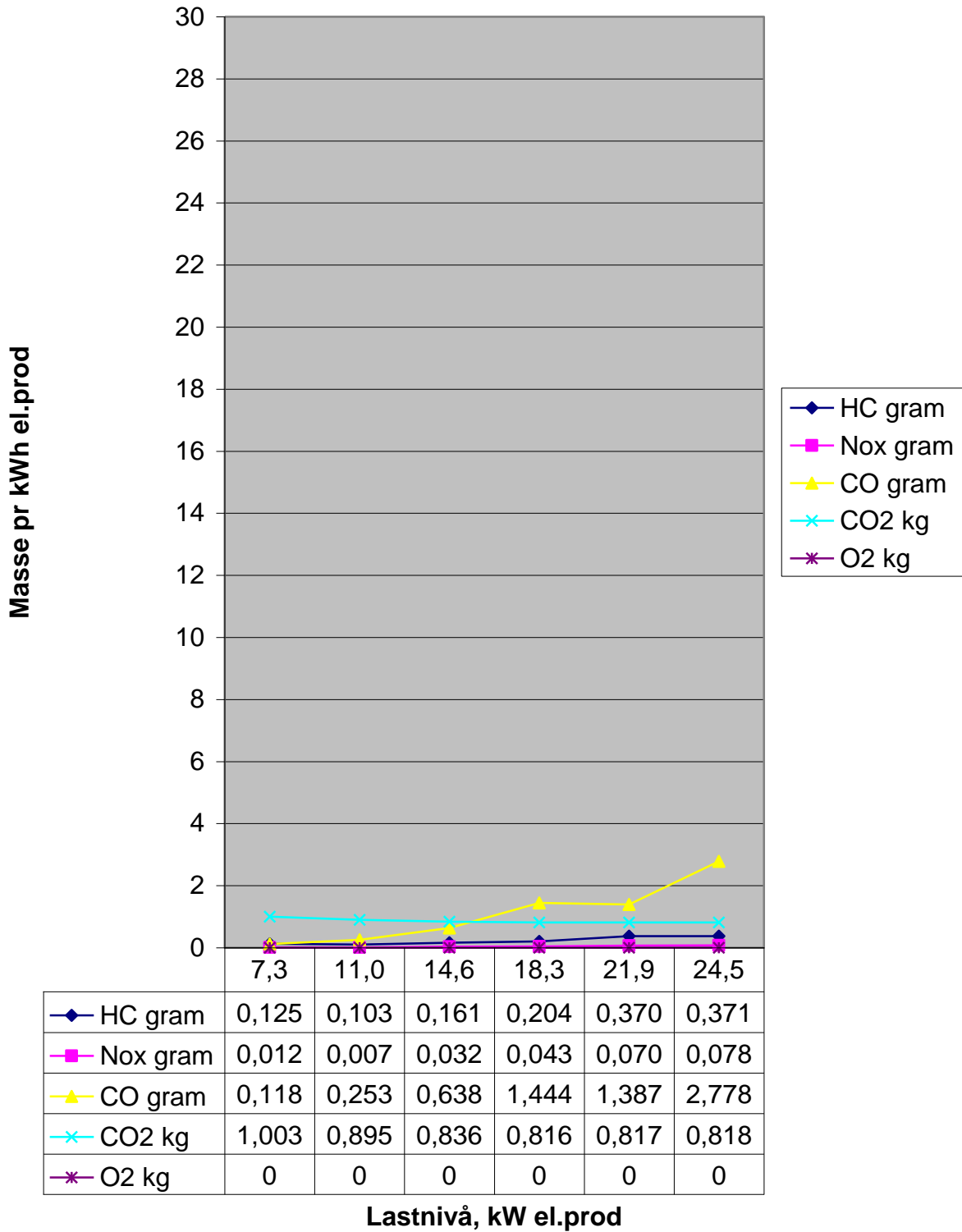
Figur 11 Røykgassutslipp fra dieselanlegg XRGI 17 uten katalysator

Røykgassutslipp fra teoretisk E85 anlegg før treveis katalysator.



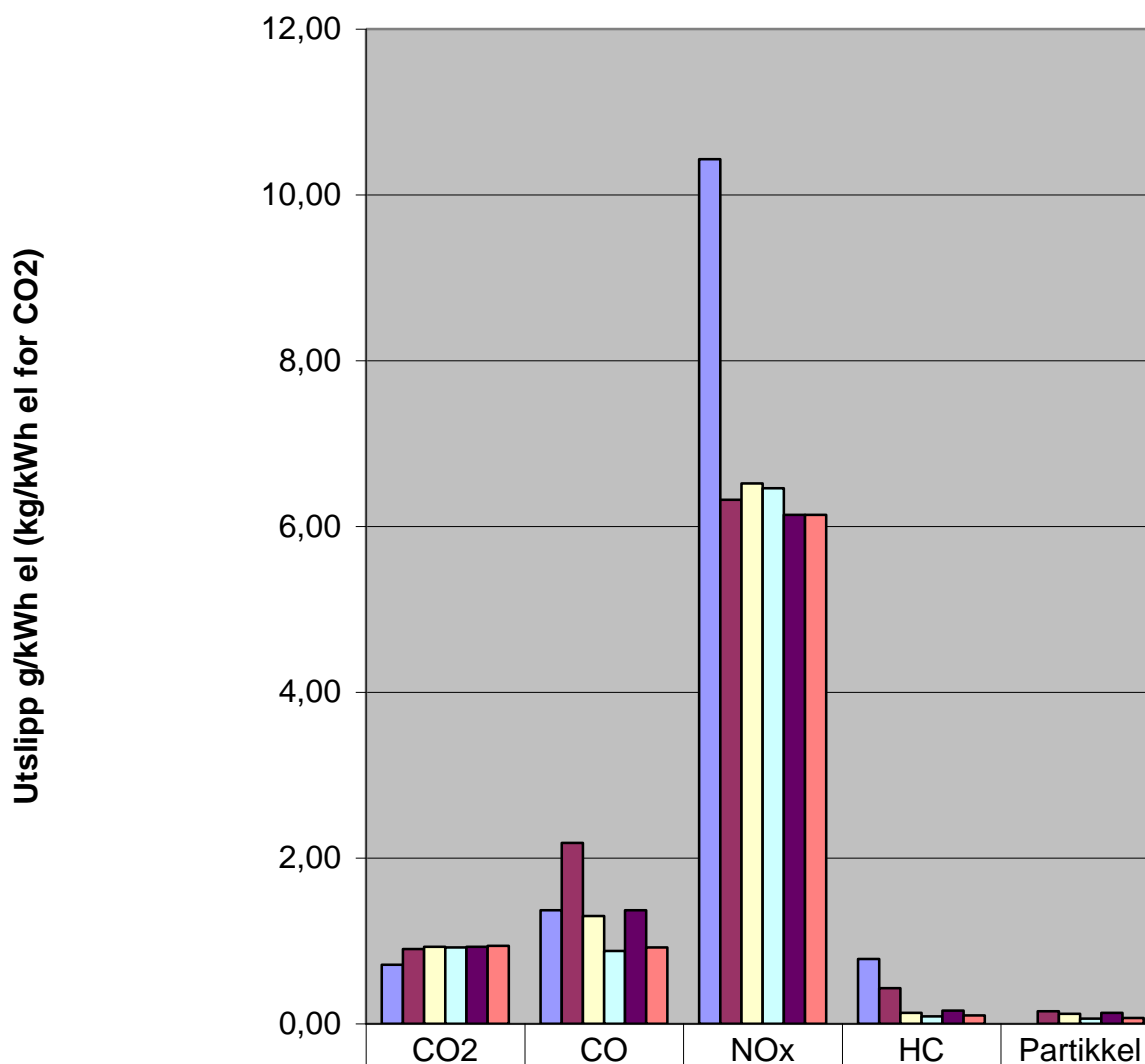
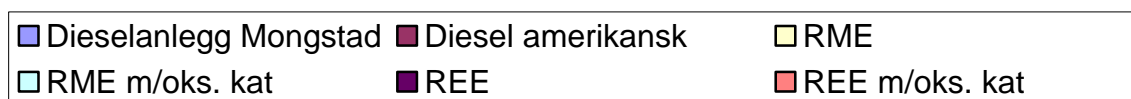
Figur 12 Røykgassutslipp fra teoretisk E85 anlegg før treveis katalysator

Røykgassutslipp fra teoretisk E85 anlegg etter treveis katalysator.



Figur 13 Røykgassutslipp fra teoretisk E85 anlegg etter treveis katalysator

Røykgassutslipp fra dieseldrivstoff



Utslippskomponent	Dieselanlegg Mongstad	Diesel amerikansk	RME	RME m/oks. kat	REE	REE m/oks. kat
CO2	0,71	0,90	0,93	0,92	0,93	0,94
CO	1,37	2,18	1,30	0,88	1,37	0,92
NOx	10,43	6,32	6,52	6,46	6,14	6,14
HC	0,78	0,43	0,13	0,09	0,16	0,10
Partikkel		0,15	0,12	0,06	0,13	0,07

Utslippskomponent

Figur 14 Røykgassutslipp fra dieseldrivstoff

11 SAMMENLIGNING AV UTSLIPP NÅR DET IKKE ER INSTALLERT KATALYSATOR.

Denne sammenligningen er med hensyn på utslipp av CO, NOx og HC når det ikke er installert noen katalysator eller filter.

11.1 Resultat for naturgassanlegg XRGI 13 på Mongstad

NOx:

Utslipet av NOx er svært lite i forhold til dieselanlegget. Det er ca 1 g/kWh el.prod. ved mellomaster, og ca 2 g/kWh el.prod. ved full og lav last. Dette tilsvarer ca 1/10 i forhold til diesel ved de fleste laster.

CO:

Fra lavest til full last er utslippet fra 3 til 2 g/kWh el.prod. Dette er litt mer enn for diesel ved full last, men langt mindre ved lav last. Biodiesel har halvparten så mye CO utslipp ved høy last sammenlignet med naturgass.

HC:

Ved full last er utslippet 3,5 g/kWh el.prod. og ved lav last er det 4,5 g/kWh el.prod. Dette mye mer enn alle de andre drivstoffene. Det er beregnet at ca 1,8% av drivstoffet ikke forbrennes! Se kapittel [6.2.6]. Dieselanlegget er helt nede i 0,8 g/kWh el.prod ved full last. Biodiesel har mye lavere utslipp av HC.

Oppsummering:

Lavt utslipp av NOx, og moderat utslipp av CO. Det er ganske stort utslipp av HC. Naturgassanlegg ser ut til å egne seg bedre ved varierende lastnivå enn dieselanlegg.

11.2 Resultat for dieselanlegg XRGI 17 på Mongstad

Utslippene synker relativt med økende el.produksjon, og dette skyldes gjerne at virkningsgraden til motoren øker, og for NOx har det betydning at luftgjennomstrømningen er større og raskere ved høyere last.

NOx:

Dette anlegget er det som slipper ut mest NOx i forhold til el.produksjon. Utslipet er beregnet til 10,43 g/kWh el.prod ved full last, og rett over 10 g/kWh el.prod ned mot halv last. Utslipet av NOx stiger kraftig ved lavere last enn halv.

CO:

Ved full last er utslippet av CO lavere enn for naturgass. Rapsbiodiesel har omtrent det samme utslippet av CO ved full last. CO utslippet for dette anlegget er det største ved lavest lastnivå dersom vi ser bort fra E85, som er spesiell på grunn av treveis katalysatoren.

HC:

Ved full last er utslippet av HC svært mye lavere enn for naturgass, men rapsbiodiesel medfører enda lavere utslipp av HC ved full last.

Oppsummering:

Anlegget har høyt utslipp av NOx, men er bedre enn naturgass med hensyn på CO og HC ved full last, da det ikke er installert katalysator på noen av disse anleggene. Rapsbiodiesel er bedre enn diesel på alle de målte komponenter. Dette anlegget har stor økning i utslippene ved lavere last, og bør derfor i størst mulig grad benyttes ved full last.

11.3 Resultat for E85 ved universitetet i Lund i Sverige

Det er installert treveis katalysator etter denne motoren. Det betyr at motoren blir styrt til å kjøre ved støkiometrisk luftmengde. Dette betyr at røykgassdata før treveis katalysator ikke kan sammenlignes med røykgassdata fra motorer som ikke styres til å benytte støkiometrisk luftmengde. Beregnet lambda for motoren er nesten 1, som den skal være når det er installert treveis katalysator.

I dette tilfellet ble innholdet av HC og CO i røykgassen stort før treveis katalysatoren, og luftmengden var nok litt for liten, slik at en oksidasjonskatalysator og luftoverskudd ville sannsynligvis redusert innholdet av HC og CO til et enda lavere nivå. Fordelen med treveis katalysator og i tillegg ekstra lite luft viser seg å være at utslippet av NOx blir svært lite. Katalysatorer er mer beskrevet i kapittel 12.1

Virkningsgraden til motoren synker veldig fort når den "elektriske effekten" blir lavere enn 11 kW for den motoren som er benyttet. Dette påvirker det relative utslippet ved å øke det ganske mye. Ved null last er derfor det relative utslippet uendelig. Resultat for 0 kW og 3,8 kW el.produksjon er ikke lagt til grunn i utslippsdiagram. Neste lastnivå ligger på samme relative lastnivå som det laveste for de andre testene.

Målingen på motoren i Sverige viser:

NOx:

Høyt innhold

CO:

Svært høyt innhold.

HC:

Høyt innhold

Resultatene etter katalysatoren er representative for sammenligning.

11.4 Resultat for rapsbiodiesel i USA

11.4.1 *Variasjon av utslipp fra fossilt diesel i test på Mongstad og i USA.*

For fossilt diesel viser det seg at motoren på Mongstad slipper ut -37% CO, +65% NOx og +81% HC i forhold til amerikansk motor. Ved å relatere utslippene relativt til kWh el.prod vil verdiene bli sterkt påvirket av virkningsgraden til motoren som er en funksjon av lastnivået. Som tidligere nevnt er lastnivået til den amerikanske motoren noe usikkert. Høyere utslipp av CO₂ for amerikansk motor kan tyde på dårligere virkningsgrad for denne motoren, men det kan også delvis skyldes forskjell i komposisjon til amerikansk og europeisk diesel. Det er sannsynlig at det også er forskjell i luftforbruk i motorene, og dette vil ha stor betydning. Forskjell i luftforbruk kan i tillegg til innstillinger skyldes ulikt lastnivå.

Forskjellen i utslippene viser dessuten betydningen av hvordan motorer brukes, og hvilke motorer som brukes.

11.4.2 Rapsbiodiesel i forhold til fossilt diesel

Dette må sammenlignes med amerikansk diesel som ble benyttet i den samme motoren.

Tabell 21 Utslipp fra forbrenning av rapsbiodiesel i forhold amerikansk diesel

	RME	REE	Gjennomsnitt alle typer biodiesel i USA
CO	-40%	-37%	-50%
NOx	+3%	-2%	+10%
HC	-70%	-63%	-68%
Partikkel	-20%	-13%	-50%

Biodiesel er generelt beskyldt for å avgi mer utslipp av NOx, men disse resultatene for RME og REE gir ingen grunn til å hevde at NOx utslippene fra rapsbiodiesel er høyere enn for fossilt diesel.

Utslippene av CO og HC er betydelig redusert for både RME og REE, og dette vil bety at anlegg som går på disse drivstoffene kan utnytte større mengde av energien i drivstoffet. Det er også noe reduksjon i partikkelutslipp, men ikke like mye som for biodiesel i gjennomsnitt.

Utslipsreduksjonene for RME er litt større enn for REE når det gjelder CO, HC og partikler, men slipper ut litt mer NOx. Forskjellen er veldig liten, og dermed kan man ikke hevde at verken RME eller REE er best på grunnlag av disse målingene. REE har likevel potensial til å være mer miljøvennlig enn RME fordi det i framstillingsprosessen for RME tilsettes metanol, og etanol for REE. Metanol framstilles per i dag oftest fra fossilt metan, mens etanol framstilles oftest fra biomasse. Metan kan også fremstilles fra biomasse.

Vi kan se av diagram for dieseldrivstoff at oksidasjonskatalysatoren installert på motor brukt til test av RME og REE har en virkningsgrad på 35% +/- 2% for CO og HC. Dette er en ganske dårlig virkningsgrad i dag.

11.4.3 Rapsbiodiesel i forhold til naturgass

NOx:

Test i USA viste at utslippet av NOx var litt over 6 g/kWh el.prod ved høy last. Dette er omtrent 3 ganger så mye som for naturgass ved full last.

CO:

Utslipp av CO fra RME og REE var litt over 1,3 g/kWh el.prod mot 1,9 g/kWh el.prod for naturgass.

HC:

Innholdet av oksygen i biodiesel medfører at utslippene av HC er mye mindre. Test i USA viser at HC utslippet var 0,13-0,16 g/kWh el.prod for RME og REE. Ved full last var utslippet ca 3,4 g/kWh el.prod for naturgass. Det betyr at RME og REE slipper ut omtrent 96% mindre HC i forhold til naturgassanlegget!

Oppsummering:

Rapsbiodiesel medfører litt mye utslipp av NOx i forhold til naturgass, men er fordelaktig med hensyn på CO, og svært fordelaktig med hensyn på HC.

11.5 Resultat for rapsolje

Det henvises til kapittel 15.5.2 Måling av røykgassutslipp fra anlegg som går på rapsolje.

Dette drivstoffet kom opp som et alternativ under utarbeidelse av kapittelet om energibalanse, og det er derfor ikke sammenlignet med de andre drivstoffene på samme måte.

12 SAMMENLIGNING AV UTSLIPP NÅR DET ER INSTALLERT KATALYSATOR.

12.1 Katalysator

Virkningsgraden til alle katalysatorer er liten ved lav temperatur, men dette er ikke noe problem for kogenereringsanlegg da disse har svært få kaldstarter i forhold til driftstiden.

I forbrenningsmotorer med tennplugg er det mest effektivt med treveis katalysator. Denne reduserer både CO, HC og NOx med høy effektivitet. Der det er installert treveis katalysator styrer denne lufttilførselen til motoren til å være rett over støkiometrisk luftmengde, fordi det da er både oksidasjon av CO og HC, og reduksjon av NOx. Det er kun motoren for E85 som har slik katalysator installert. Det bør vurderes om det er noen ekstra miljøgevinst ved å benytte treveis katalysator i EC Powers naturgassanlegg.

I alle naturgassanlegg fra EC Power, bortsett fra det på Mongstad, er det installert oksidasjonskatalysator. Til motorene leveres det nok overskuddsluft til at utlippene av NOx skal holde seg under europeiske og tyske normer. Dersom treveis katalysator installeres på disse anleggene kan det være at utlippene kan bli enda mindre, men det avhenger av hvor mye mer CO, HC og NOx som produseres dersom luftoverskuddet går mot null, og hva virkningsgraden til katalysatoren er ved aktuell lufttilførsel. Ved støkiometrisk luftforbruk vil man trolig oppnå noe høyere varmevirkningsgrad på anleggene fordi oppholdstiden til røygassen blir større i varmeveksleren, men det er mulig at temperaturen i motoren kan bli høyere enn ønsket, og at bruk av treveis katalysator kan virke forstyrrende for el. produksjonen.

I dieselmotorer benyttes kun oksidasjonskatalysator da disse motorene må kjøres med luftoverskudd. Dermed er det kun CO og HC utslippet som reduseres. Reduksjonsprosessen av NOx stopper opp når innholdet av oksygen i røygassen er over 1,0%. Fjerning av NOx i røygass fra dieselmotorer kan skje ved å tilsette reduktant i røygassen eller bruke absorber. I svært store kogenereringsanlegg benyttes ofte reduktant, men det er trolig ikke aktuelt å benytte dette i små anlegg. NOx absorpsjon og lagring er under utvikling. Bilprodusenten Toyota har utviklet slike katalysatorer som i kombinasjon med spesiell styring av motoren medfører en halvering av NOx utslippet [10]. Det er vanlig at måten for dieselinnsprøyting og tidspunktet for dieselinnsprøyting styres spesielt for NOx reduksjon i nye dieselmotorer i biler.

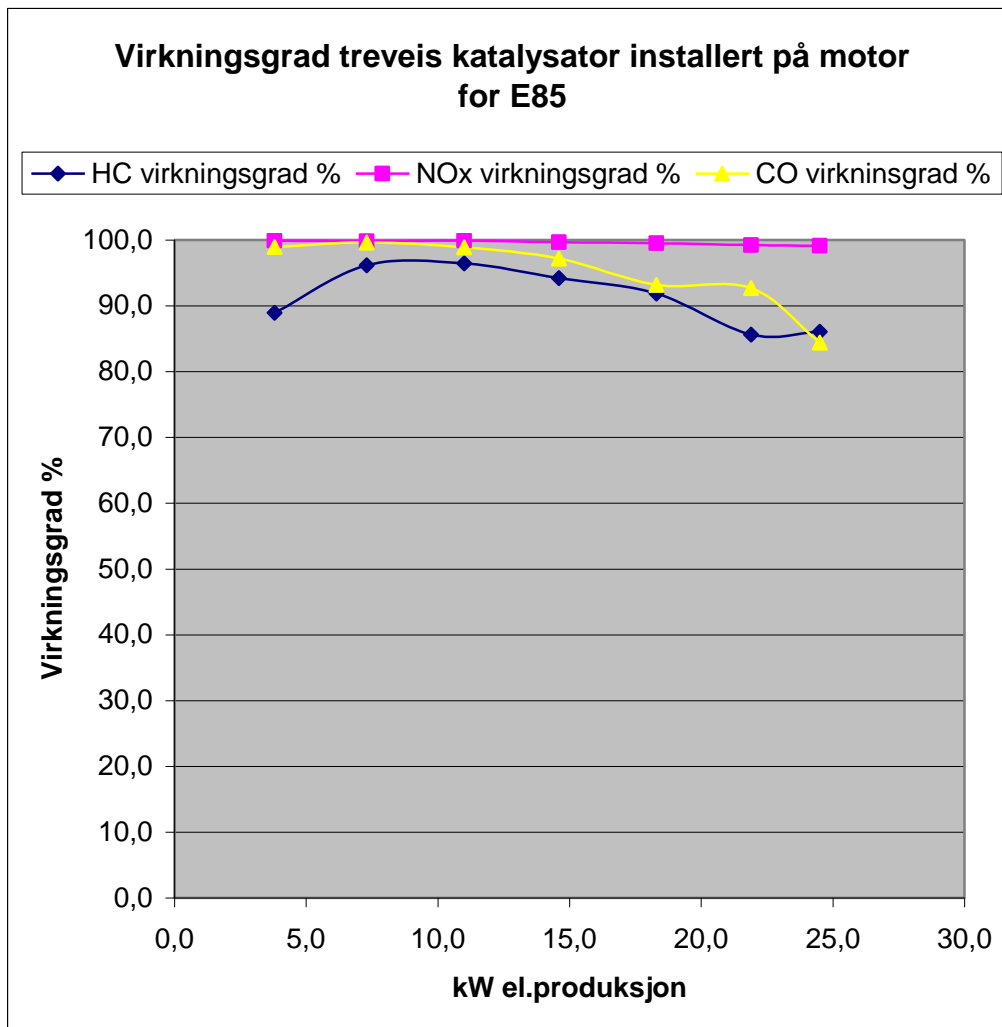
Av de dieseldrivstoff som det er skaffet måledata for, er det kun rapsbiodiesel som det er måledata for ved bruk av katalysator, men dette er kun en oksidasjonskatalysator. Denne viste seg imidlertid å ha noe lav virkningsgrad.

Slik kan en katalysator ut på en bil [11]:



Figur 15 Katalysator for bil

12.2 Virkningsgrad til katalysator benyttet til E85 motor



Figur 16 Virkningsgrad til treveis katalysator benyttet på E85 motor

Virkningsgraden for CO og HC vurderes til å være ca 90%, og 99% for NOx. Årsaken til litt høyere virkningsgrad for NOx kan være at luftoverskuddstallet ligger litt under 1, som da betyr at reduksjonsprosessen er litt kraftigere enn oksidasjonsprosessen. I prinsippet skal alle tre virkningsgradene være nesten like ved lufttilførsel rett over den støkiometriske. Det kan se ut som om gjennomsnittlig virkningsgrad er 93%.

Virkningsgrad for treveis katalysator kan ikke direkte benyttes for målinger fra anlegg som ikke har installert katalysator, fordi innholdet av HC, CO og NOx vil være ganske mye høyere før katalysator dersom dette installeres fordi motoren da vil gå med støkiometrisk luftforbruk. I tillegg til dette vil virkningsgraden til katalysatoren bli mye bedre når det er lite oksygen tilstede. Det er ikke funnet noe grunnlag for å si noe kvantitativt om dette.

På grunn av denne usikkerheten velges det å kun ta hensyn til virkning av en oksidasjonskatalysator dersom dette ble installert på naturgassanlegget, fordi anlegget da vil gå med samme luftmengde. Dette blir også mest korrekt med hensyn til at det er denne type katalysator som faktisk benyttes i kogenereringsanlegg i dag. Virkningsgraden for rene oksidasjonskatalysatorer er opp mot 90% [11]. Produsenter opplyser om virkningsgrader mellom 70-90%. Antar at 80% virkningsgrad vil være mest korrekt å benytte for disse målingene.

12.3 Virkningsgrad for katalysator benyttet i motor for test av rapsbiodiesel

RME

Tabell 22 Virkningsgrad for katalysator ved RME test

Utslippskomponent	Verdi uten kat.	Verdi med kat.	Virkningsgrad %
HC	0,13	0,09	30,8
NOx	6,52	6,46	0,9
CO	1,30	0,88	32,3

REE

Tabell 23 Virkningsgrad for katalysator ved REE test

Utslippskomponent	Verdi uten kat.	Verdi med kat.	Virkningsgrad
HC	0,16	0,10	37,5
NOx	6,14	6,14	0
CO	1,37	0,92	32,8

Gjennomsnittlige virkningsgrader RME og REE:

HC: 34,2%
NOx: 0,5%
CO: 32,6%

Gjennomsnittlig oksidasjonsvirkningsgrad: 33,4%

I prinsippet skal virkningsgraden for reduksjon av HC og CO utslipp være nesten lik for katalysatorer både for diesel og tenningsmotorer. Treveis katalysatorer kan gi virkningsgrader opp mot 99%, mens det for oksidasjonskatalysatorer til dieselmotorer regnes en virkningsgrad opp mot 90% [11]

Som for naturgassanlegg vurderes 80% oksidasjonsvirkningsgrad til å være den mest korrekte for både diesel og biodieselanlegg. Virkningsgraden for katalysatoren som er installert på biodieselmotoren vurderes til å være for dårlig for bruk i et kogenereringsanlegg i dag. Katalysatoren som er benyttet er av gammel type fordi målingene er utført i 1996.

12.4 Utslipp fra de ulike anleggene

Sammenligning av utslippene for de ulike anleggene gjøres ved full last, selv om det kan diskuteres om rapsbiodieselmotoren går ved full last.

12.4.1 *Naturgassanlegg Mongstad*

Tabell 24 Utslipp fra naturgassanlegg XRGI 13 ved antatt katalysatorvirkningsgrad

Utslippskomponent	Utslipp før kat. g/kWh el.prod	Virkningsgrad % katalysator	Utslipp etter kat. g/kWh el.prod
HC	3,45	80	0,69
NOx	2,09	0	2,09
CO	1,91	80	0,38

12.4.2 *Dieselanlegg Mongstad*

Tabell 25 Utslipp fra dieselanlegg XRGI 17 ved antatt katalysatorvirkningsgrad

Utslippskomponent	Utslipp før kat. g/kWh el.prod	Virkningsgrad % katalysator	Utslipp etter kat. g/kWh el.prod
HC	0,78	80	0,16
NOx	10,43	0	10,43
CO	1,37	80	0,27

12.4.3 *Dieselanlegg USA*

Tabell 26 Utslipp fra dieselanlegg i USA ved antatt katalysatorvirkningsgrad

Utslippskomponent	Utslipp før kat. g/kWh el.prod	Virkningsgrad % katalysator	Utslipp etter kat. g/kWh el.prod
HC	0,43	80	0,09
NOx	6,32	0	6,32
CO	2,18	80	0,44

12.4.4 *Målte utslipp fra E85 anlegg*

Tabell 27 Målte utslipp fra teoretisk E85 anlegg

Utslippskomponent	Utslipp før kat. g/kWh el.prod	Utslipp etter kat. g/kWh el.prod
HC	2,66	0,37
NOx	8,85	0,08
CO	17,83	2,78

12.4.5 Rapsbiodieselanlegg

Oksidasjonsvirkningsgrad: 80%

RME

Tabell 28 Utslipp fra RME anlegg ved antatt katalysatorvirkningsgrad

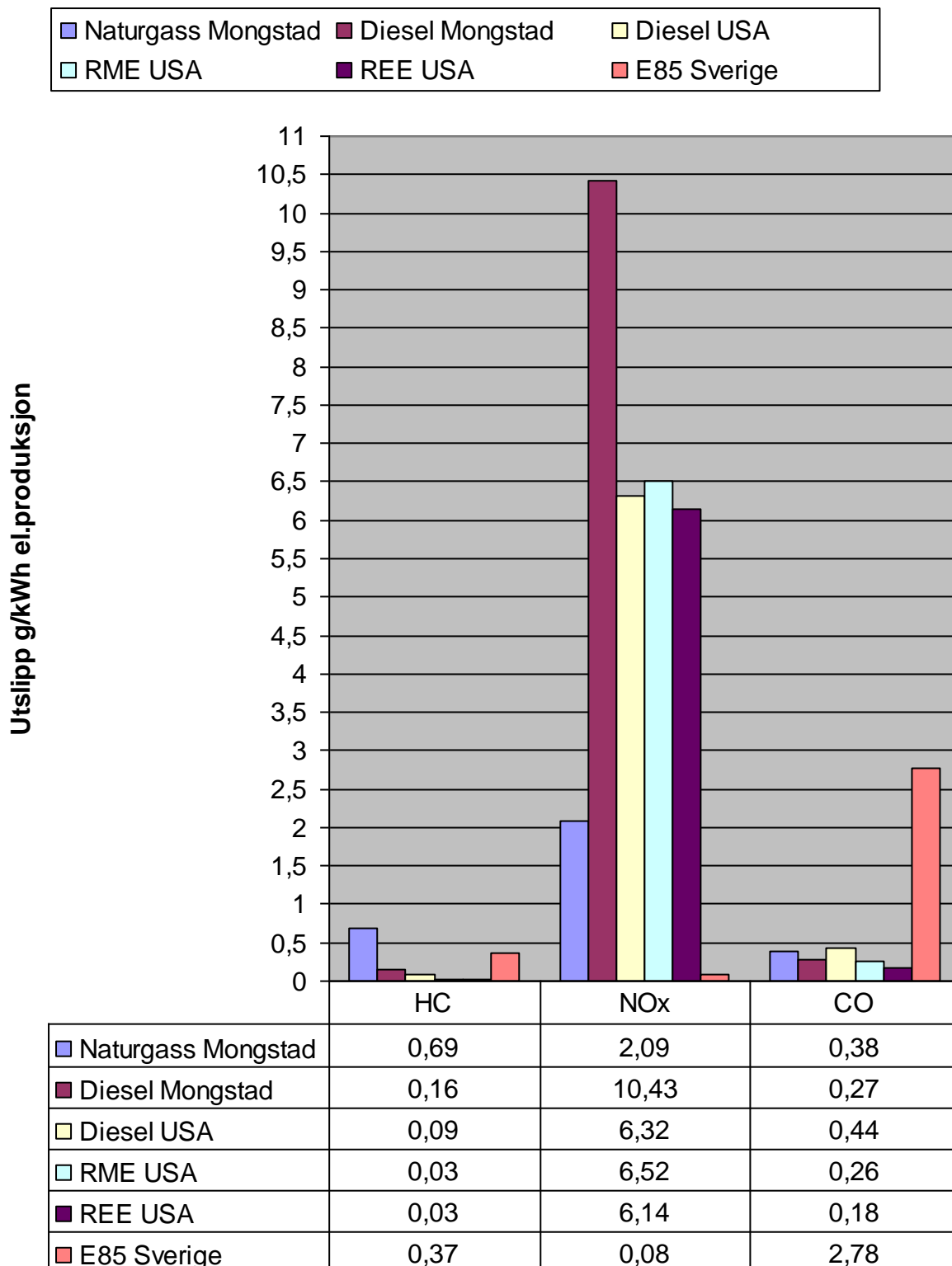
Utslippskomponent	Utslipp før kat. g/kWh el.prod	Virkningsgrad % katalysator	Utslipp etter kat. g/kWh el.prod
HC	0,13	80	0,03
NOx	6,52	0	6,52
CO	1,30	80	0,26

REE

Tabell 29 Utslipp fra REE anlegg ved antatt katalysatorvirkningsgrad

Utslippskomponent	Utslipp før kat. g/kWh el.prod	Virkningsgrad % katalysator	Utslipp etter kat. g/kWh el.prod
HC	0,16	80	0,03
NOx	6,14	0	6,14
CO	0,92	80	0,18

Utslipp av HC, NOx og CO dersom katalysator er installert



Figur 17 Utslipp av HC, NOx og CO når det er installert katalysator i alle anlegg

12.5 Oppsummering om utslipp av HC, NOx og CO

Naturgass Monstad

HC: Høyt utslipp i forhold til de andre drivstoffene.
NOx: Mye lavere utslipp enn de andre anlegg som ikke har katalysator for NOx.
CO: Samme nivå som dieseldrivstoff

Diesel Mongstad

HC: Lite utslipp, men mer enn for diesel og biodiesel USA
NOx: Svært stort utslipp. Større utslipp enn både diesel og biodiesel USA
CO: Litt mer enn de fleste drivstoff, bortsett fra E85.

Diesel USA

HC: Svært lite utslipp
NOx: Store utslipp i forhold til naturgass og E85, men diesel Mongstad er verre.
CO: Middels utslipp

RME USA

HC: Tilnærmet null utslipp
NOx: Store utslipp. Samme som for Diesel USA
CO: Lite utslipp

REE USA

HC: Tilnærmet null utslipp
NOx: Store utslipp. Samme som for Diesel USA
CO: Lite utslipp

E85 Sverige

HC: En del utslipp, men naturgassanlegget var verre
NOx: Tilnærmet null utslipp.
CO: Stort utslipp

13 DRIVSTOFFENES BIDRAG TIL UTSLIPP AV KLIMAGASSER MED DRIVHUSEFFEKT

13.1 Utslipp av karbondioksid ved forbrenning av biodrivstoff

Innholdet av karbon i biomasse kommer fra luften når plantene vokser, og ved forbrenning av biodrivstoff er dette det samme karbon som slippes ut hovedsakelig i form av CO₂. Vi regner at den samme mengden CO₂ ville blitt sluppet ut ved nedbryting av biomassen. På grunn av dette kan vi betrakte at karbon i biodrivstoff kun inngår i en raskere syklus enn den naturlige, og at mengden CO₂ i atmosfæren ikke øker på grunn av dette.

Ved mange sammenligninger av drivstoff settes utslipp av CO₂ fra biodrivstoff til null, men dette er ikke helt riktig. Biodrivstoff bidrar også til utslipp av gasser som regnes å være med i jordens drivhuseffekt.

Alle ledd i produksjon av biodrivstoff bidrar til utslipp av klimagasser. Energiforbruk og energikvalitet til produksjonen er viktige parametere også i denne sammenheng. Produksjon av prosesshjelpstoffer og gjødsel må legges inn i regnskapet.

Det blir mest korrekt å legge disse utslippene til sluttproduktet som er ferdig biodrivstoff.

Fordi vi tillegger biodrivstoff de utslippene som er ved hele framstillingen av drivstoffet, bør vi også ta hensyn til dette ved beregning av utslipp fra fossile drivstoff, selv om dette er relativt noe mindre enn for biodrivstoff.

13.2 Klimagassutslipp ved framstilling av drivstoff

Det er i denne beregning ikke tatt hensyn til utslipp av lystgass, N₂O, ved dyrking av råmateriale til biodrivstoff. Det er påvist at det slippes ut noe N₂O ved dyrking, men det er ikke kvantifisert. N₂O har en CO₂ ekvivalent på 310, slik at selv om det er svært små utslipp kan det likevel ha betydning.

De tallene som benyttes her for etanol og biodiesel er kun eksempel på verdier. I virkeligheten er det svært stor variasjon i utslipp og energibruk.

Tallene for etanol er basert på at 68% av utslippene er lagt til etanol, og 32% til foret.

Etanol:

298 kg fossil CO₂ / 5944 kWh etanol = 50,1 g CO₂/kWh etanol [12]

Bensin:

0,5 g CO₂ ekv. / liter => 56,4 g CO₂ ekv/ kWh bensin [13]

Dette tall er hentet fra Framtiden i våre hender. Det er basert på at ca 15% av utslippene til fossilt drivstoff skjer ved framstilling og transport. I dette tallet er det også tatt hensyn til at det er noe utslipp av N₂O i katalysator i bensinmotorer.

E85:

$0,85 * 50,1 + 0,15 * 56,4 \text{ g/ kWh E85} = 51,0 \text{ g CO}_2 \text{ ekv / kWh E85}$

Ved full last for E85 motoren har man følgende "elektrisk virkningsgrad":

$\eta \text{ motor} * \eta \text{ generator} = 33,6\% * 93\% = 31,3 \%$

⇒ Utslipp av CO₂ ved produksjon av E85 er $51,0 / 0,313 = 162,9 \text{ g CO}_2 \text{ ekv / kWh el.prod}$

Rapsbiodiesel:

Det er ikke funnet noe grunnlag for å skille mellom RME og REE når det gjelder utslipp ved total produksjon. I virkeligheten kan det være ganske stor forskjell fordi det kan være ulike kilder til framstilling av alkoholene benyttet i produksjonsprosessen.

I det eksempelet som er benyttet [18] for rapsbiodiesel er utslipp er basert på produktenes vektandel. Det vil si at biodiesel er blitt tilregnet 63% av utslipp og energibruk. Dette kan man gjøre kun dersom biproduktene har en virkelig verdi. I dette tilfellet blir alle rapsrestene benyttet til produksjon av fôr.

$$1,126 \text{ tonn CO}_2/\text{ha} / 49,0 \text{ GJ/ha} = 82,7 \text{ g CO}_2 / \text{kWh biodiesel}$$

Tar utgangspunkt i el.virkningsgrad for dieselanlegg på Mongstad. Denne er 34,7% ved full last.

$$\Rightarrow \text{Utslipp av CO}_2 \text{ ved produksjon av rapsbiodiesel er } 82,7 / 0,347 = 238,3 \text{ g CO}_2 / \text{kWh el.prod}$$

Vi kan se at utslippet av CO₂ ved produksjon av biodiesel i dette tilfellet er større enn for eksempelet med etanol. Dette kan gjerne skyldes ulike forutsetninger i beregningene. I eksempelet for etanol er 72% av den tilførte energien fra biomasse, og dette er en ganske høy andel. Dette kan være den største årsaken til lavere beregnet utslipp ved total produksjon av etanol i forhold til biodiesel.

Naturgass:

Produksjon og transport av naturgass fra norsk sokkel medfører et beregnet CO₂ ekvivalent utslipp på 2,9 g CO₂ ekvivalent per MJ naturgass [14]. Elektrisk virkningsgrad ved full last er ca 31,3% for naturgassanlegget på Mongstad.

Dette betyr at utslipp ved total produksjon av naturgass er:

$$2,9 * 3,6 / 0,313 = 33,6 \text{ g CO}_2 \text{ ekv} / \text{kWh el.prod}$$

Diesel:

Benytter samme forutsetning som for bensin. Regner at 15% av utslipp fra fossilt drivstoff skjer ved framstilling og transport i en livsløpssammenheng. Det er mulig at 15% er litt mye forhold til norsk oljevirksomhet som har langt lavere utslipp enn det gjennomsnittet som er for oljeproduiserende land.

$$400 \text{ g CO}_2 \text{ ekv.} / \text{liter} \Rightarrow 40,7 \text{ g CO}_2 \text{ ekv.} / \text{kWh diesel}$$

Tar utgangspunkt i el.virkningsgrad for dieselanlegg på Mongstad. Denne er 34,7% ved full last.

$$\Rightarrow \text{Utslipp av CO}_2 \text{ ekvivalent ved produksjon av fossilt diesel er } 40,7 / 0,347 = 117,3 \text{ g CO}_2 / \text{kWh el.prod}$$

Dersom man velger å ikke fordele det totale utslippet på alle produktene i total produksjon av etanol og biodiesel, får vi følgende utslipp:

Etanol:

$$50,1/0,68 \text{ g/kWh etanol} = 73,7 \text{ g/kWh etanol}$$

E85:

$$(73,7*0,85 + 56,4*0,15) / 0,314 = 226,4 \text{ g/kWh el.prod}$$

Rapsbiodiesel

$$246,9 / 0,63 = 392,7 \text{ g/kWh el.prod}$$

13.3 CO2 utslipp ved forbrenning av drivstoff

Det er to mulige måter å betrakte CO2 utslipp fra forbrenning av drivstoff. Dersom drivstoffmengden måles, og man vet karboninnholdet, kan man beregne hvor mye CO2 det teoretisk slippes ut. Den andre måten er å bruke det faktisk målte CO2 utslippet. Den første metoden er allerede benyttet for konvertering av enheter brukt i røykgassmåling av E85. Det er også mest riktig å benytte den første metoden fordi det ved hjelp av denne metoden ikke blir noen reduksjon i CO2 utslipp ved innhold av HC og CO i røykgassen, og dessuten vil målingen av CO2 utslipp ved optimalisering av forbrenning og katalysator nærme seg verdien som man får ved første metode for CO2 beregning.

Etanol:

CO2 utslipp ved forbrenning settes lik null

E85:

15% av teoretisk CO2 utslipp ved full last.
 $0,15 * 824,0 \text{ g/kWh el.prod} = 123,6 \text{ g/kWh el.prod}$

Prinsipielt burde egentlig CO2 utslippet fra E85 beregnes fra bensinandelen på grunn av noe ulikt CO2/kWh forhold for etanol og bensin.

Rapsbiodiesel:

CO2 utslipp ved forbrenning settes lik null

Naturgass:

Tabell 30 Beregnet CO2 utslipp fra forbrenning av naturgass

Komponent i naturgass	Mol%	Relativ CO2 produksjon g CO2 / g komponent	CO2 produksjon fra naturgass g CO2 / g naturgass
Karbondioksid	0,5249	1,0000	0,005249
Oksygen	0	0,0000	0,000000
Nitrogen	0	0,0000	0,000000
Metan	93,4803	2,75	2,5707
Etan	4,4328	2,9333	0,1300
Propan	0,8022	3,0000	0,0241
Iso-butan	0,5116	3,0345	0,0155
N-butan	0,0994	3,0345	0,0030
Iso-pentan	0,0705	3,0556	0,0022
N-pentan	0,0193	3,0556	0,0006
C6+	0,0590	3,0698	0,0018
Sum	100		2,7479

Utslipp av CO2 for naturgass er 2,7479 g CO2 / g naturgass

Forbruk av naturgass ved full last: 234,6 g naturgass / kWh el.prod

Utslipp av CO2 for naturgass er $234,6 * 2,7479 = 644,7 \text{ g CO2 / kWh el.prod}$

Til sammenligning er målt CO2 utslipp 642 g / kWh el.prod. + utslipp av CO 1,9 g / kWh el.prod. Hvis man ganger opp utslippet av CO med forholdet mellom massene til CO2 og CO, vil man få 3 g "CO2" / kWh el.prod, som summert opp vil gi et avvik på 0,3 g / kWh el.prod. for beregnet og målt CO2 utslipp. Til dette avviket legges CO2 utslippet som man ville fått ved forbrenning av HC restene.

Diesel:

Innhold av karbon er ca 86%.

Det vil si at produksjon av CO₂ = 0,86 * (44 / 12) * dieselforbruk.

Ved full last er dieselforbruket målt til å være 242,4 g/kWh el.prod

Utslipp av CO₂ fra diesel ved forbrenning = 0,86 * (44 / 12) * 242,4 = 746,4 g/kWh el.prod

Til sammenligning er målt CO₂ utslipp 707 g/kWh el.prod + utslipp av CO 1,4 g 7 kWh el.prod.

Verdien som er fått ved denne målingen er ganske mye lavere enn beregnet verdi. Dersom man tenker seg at CO og HC rester blir forbrent ville CO₂ produksjonen ved målinger blitt 711,6 g/kWh el.prod

Selv om karboninnholdet i diesel er en omtrentlig verdi vil ikke dette gi så store utslag. Det gir grunnlag for å tro at kombinasjonen måling av brenselforbruk og røykgassmåling for XRG1 17 har noe avvik.

13.4 Andre gassers potensial til global oppvarming

Metan: Ved forbrenning av naturgass består HC restene for det meste av metan. Denne gassen er gitt en CO₂ ekvivalent lik 21.

Alle gasser bidrar ikke til drivhuseffekt. Gassmolekylene må ha evne til å stoppe langbølget stråling som blir reflektert fra jorden. Hydrokarboner med flere enn 1 karbon i molekylet, og CO og NO_x bidrar ikke direkte til drivhuseffekt, men kan ved delvis ukjent betingelser være med på å danne ozon, som er en drivhusgass. Ozon har også stor betydning for reduksjon av kortbølget stråling fra solen.

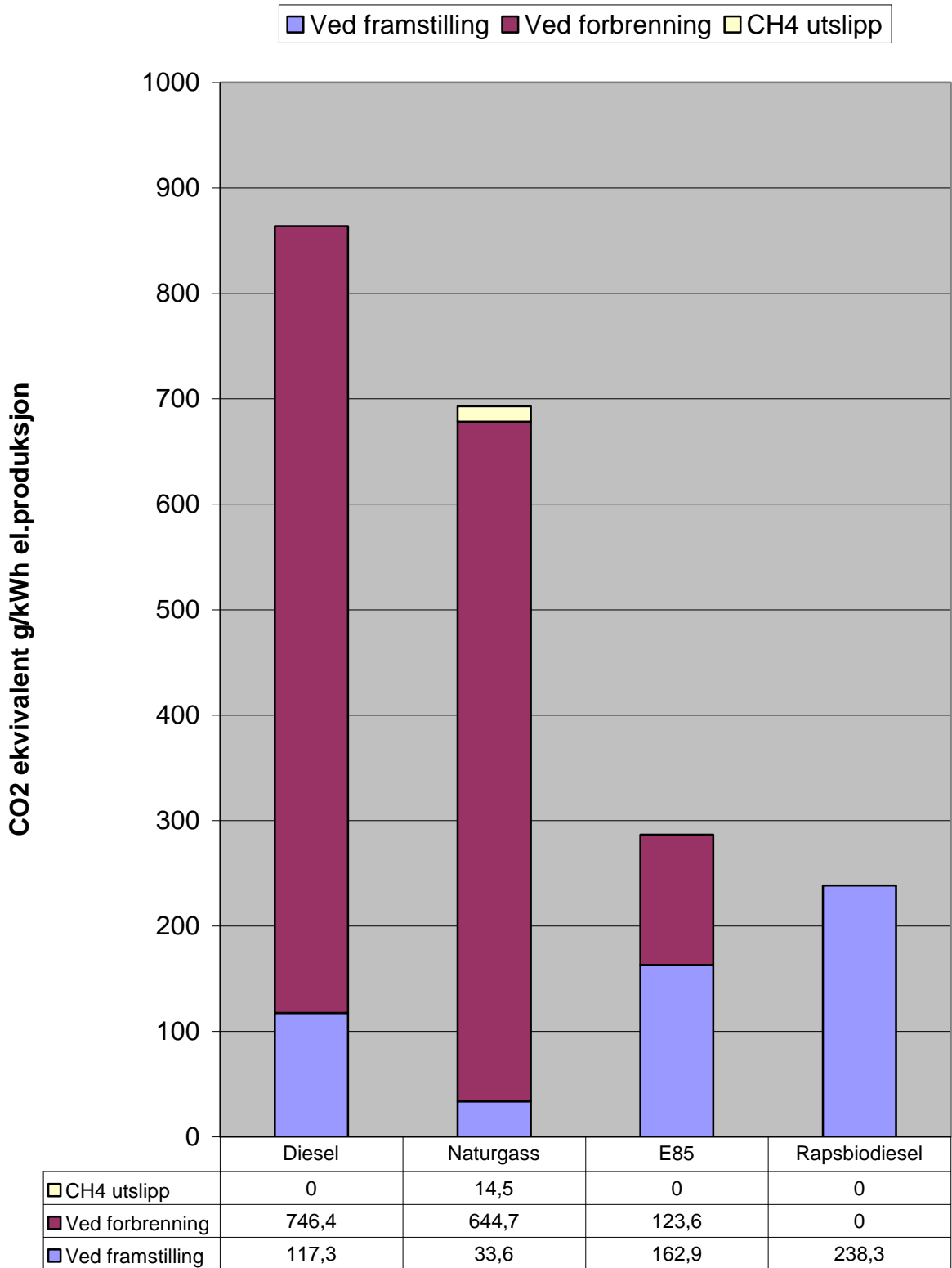
Da det er uvisst hvilken betydning andre gasser enn metan (+ noen andre) har for drivhuseffekten, legges det ikke inn noen CO₂ ekvivalent for annet enn metan. Det pågår forskning som skal avdekke betydningen av gasser med mulig drivhuseffekt.[15]

Utslipp av metan ved forbrenning av naturgass: 0,69 g metan /kWh el.prod

⇒ 14,5 g CO₂ ekv. / kWh el.prod

13.5 Oppsummering CO₂ ekvivalent utslipp.

Drivstoffenes bidrag til utslipp av CO2 ekvivalenter



Figur 18 Drivstoffenes bidrag til utslipp av CO2 ekvivalenter

Av diagrammet kan man se at kogenereringsanlegg som benytter diesel medfører størst utslipp av CO₂ ekvivalenter, og at naturgassanlegg kun medfører noe lavere utslipp.

På grunnlag av de to eksemplene for E85 og rapsbiodiesel kan vi se at de totale utslippene av CO₂ ekvivalenter er størst for E85, men at dette skyldes utslippene ved forbrenning av bensinandelen i E85. Likevel gir ikke disse resultat noen særlig grunn til å hevde at verken E85 eller rapsbiodiesel er best i forhold til utslipp av CO₂ ekvivalenter, fordi det i denne sammenheng kun er lagt til grunn to beregninger, og at disse sannsynligvis er basert på noe forskjellig grunnlag.

På grunn av utslippene ved framstilling av drivstoffene kan man se at totalutslippene for rapsbiodiesel og E85 utgjør 27-38% relativt til diesel og naturgass. Dersom utslippene for biodrivstoff skal bli enda mindre må man benytte enda større andel fornybare energikilder i hele framstillingsprosessen fra landbruk til produksjon og transport av ferdig drivstoff.

Til sammenligning med disse verdiene er utslippet av CO₂ ekvivalenter ved bruk av elektrisitet fra kullkraftverk 0,9 kg / kWh elektrisitet. [3]

14 BRUK AV CO₂ FRA KOGENERERINGSANLEGG SOM VEKSTFREMME I VEKSTHUS

Veksthus har stort behov for både varme og elektrisitet til belysning. I tillegg er det vanlig at man tilfører CO₂ for å øke veksten. Kogenereringsanlegg kan tilby alle disse tre tingene.

I Norge er fremdeles elektrisitet den energikilden som i størst grad benyttes, men i Rogaland blir det i stort grad benyttet naturgass nå. I Nederland har det i mange år vært vanlig å benytte naturgass som energikilde til veksthusene.

Det har foregått noe forskning på bruk av CO₂ i røkgassen fra kogenereringsanlegg, og dette er noe av det man har kommet fram til [16]:

- Avhengig av type vekst anbefales det at konsentrasjonen av CO₂ i veksthus er 600-1000 ppm mot ca 370 ppm i vanlig luft.
- Denne konsentrasjonen medfører vanligvis ca 20% ekstra avling.
- Moderne tett veksthus trenger ca 10 g CO₂ / m² / time
- Konsentrasjonen av NO_x, HC og CO i luften må begrenses. Avhengig av type vekst og lysforhold må konsentrasjonen av NO_x være maksimalt 0,1 – 0,3 ppm.

Det framkommer av rapporten at man i stor grad kan dekke varmebehov ved bruk av kogenereringsanlegg, men at det er behov for ekstra tilførsel av elektrisitet.

Da konsentrasjonen av NO_x er en viktig parameter for om røkgass med CO₂ er egnet som vekstfremmer, velges det å vurdere de anlegg som det kan benytte treveis katalysator, XRGI 13 og E85 anlegg. Det tas utgangspunkt i 800 ppm CO₂, og 0,2 ppm NO_x, som betyr 0,025% NO_x relativt til CO₂.

XRGI 13 uten katalysator.

Ved full last er konsentrasjonen av NO_x 214,5 ppm og konsentrasjonen av CO₂ 7,99%. Det betyr 0,27% NO_x relativt til CO₂, som er over ti ganger så mye som anbefalt.

Teoretisk XRGI 13 med katalysator som har virkningsgrad 80% i forhold til nivå uten katalysator.

Ved full last er konsentrasjonen av NO_x 43 ppm, som betyr 0,054% NO_x relativt til CO₂. Dette er mer enn dobbelt så mye som anbefalt. Ved god styring av lufttilførsel til gassmotoren er det trolig mulig å heve virkningsgraden godt over 80% for reduksjon av NO_x i katalysator. Ved 90% virkningsgrad vil innholdet av NO_x være på nivå med grenseverdi. E85 motoren blir for eksempel styrt til å redusere NO_x utslippene mot 100% i katalysatoren.

E85 anlegg med katalysator.

Ved full last er konsentrasjonen av CO₂ og NO_x 15% og 20 ppm henholdsvis. Dette betyr 0,013% NO_x relativt til CO₂, og dette er litt under kravet for NO_x, men det kan likevel være for mye innhold av CO.

Av dette kan vi forstå at dersom man skal kunne benytte røkgass fra kogenereringsanlegg må virkningsgrad for fjerning av NO_x være veldig høy! Bioforskrappen som er nevnt ovenfor konkluderer med at det anbefales å benytte røkgass fra gassturbin eller at det installeres eget NO_x fjerningsanlegg. Røkgass fra gassturbiner inneholder lite NO_x på grunn av høyt luftoverskudd og liten oppholdstid for røkgassen i turbinen.

Det vurderes å bygge et veksthus i Risavika i Rogaland for forskning på blant annet røkgass som vekstfremmer.

Det henvises til å lese bioforskrappen [16] for detaljert informasjon.

15 BRUK AV FLYTENDE BIODRIVSTOFF TIL KRAFTPRODUKSJON SETT I FORHOLD TIL ENERGIBALANSE

Vi vet at det finnes velutviklet teknologi for å benytte fast biomasse til følgende energiformål:

- Forbrenning/oppvarming
- Varmekraftverk med dampturbin og elektrisitetsgenerator.
- Drivstoff for transportmidler ved foredling av biomassen til flytende drivstoff.

Teknologisk er det ikke lenger noen utfordring å foredle fast biomasse til flytende drivstoff og benytte dette i en forbrenningsmotor som driver en el.generator. I en global kraftsammenheng er det en fundamental betingelse som må gjelde for et hvert kraftproduksjonsanlegg, og det er at foredlingen og nyttiggjørelsen av de primære energikildene ikke skal være mer energikrevende enn den energiproduksjonen man faktisk utfører. Kort sagt må $(\text{Energi ut})/(\text{Energi inn}) > 1$. Dette forholdet sier ingen ting om kvaliteten til energien. Dersom bruk av flytende biodrivstoff skal benyttes i kogenereringsanlegg skal bidra til å redusere belastningen på det globale elkraftmarkedet må man også kreve at $(\text{El.produksjon})/(\text{El.forbruk til foredling}) > 1$. Det er like viktig at andelen av fossil energi som benyttes til foredling må være minst mulig.

Vi kan se fra oversikten fra Lantmännen Agroetanol i Figur 22 at forbruket av elektrisk kraft er minimalt for foredling av hvete til etanol i Sverige. Noe tilsvarende kan vi se for produksjon av biodiesel. Energi tilført til foredling er i hovedsak varme som man ikke benytter elektrisitet til å fremskaffe. Betingelsen om energibruk blir oppfylt.

15.1 Faktorer som har betydning for beregning av energibalansen.

Det tas delvis utgangspunkt i tabell 3 i kilde [17]

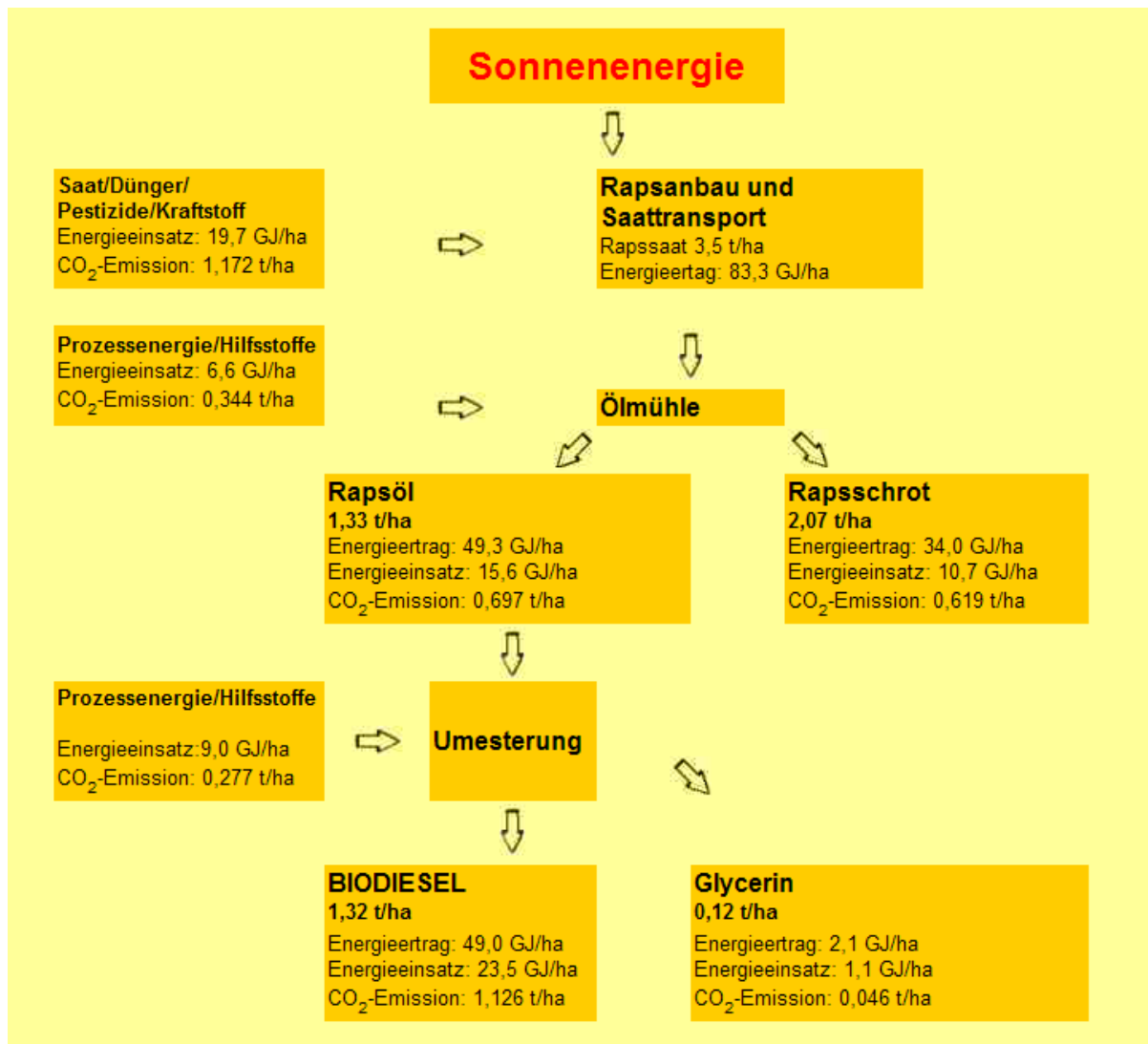
Tabell 31 Faktorer som har betydning for beregning av energibalansen

Faktor	Eksempel
Geografisk lokalisering	Klima Tilgang på råvarer
Dyrking	Mekanisering Type gjødsel
Grøde	Antall fold
Råvarens kvalitet	Type råvare gir betydelige forskjeller både for etanol- og biodiesel produksjon.
Transport	Avstander Type transport
Produksjonsanlegg	Størrelse Teknisk gjennomføring Bruk av biprodukter
Energisystemets struktur	El.produksjon Øvrige energibærere
Datakvalitet	Alder Troverdighet
Systemgrensesetting	Omfattelse
Allokering	Inkludering av biprodukter Metode Vekting av biprodukter

Da det så mange faktorer som har betydning, er det åpenbart at man vil finne svært forskjellige resultat for energibalanse for både bioetanol og biodiesel.

15.2 Energibalanse for biodiesel

Det tas utgangspunkt i biodiesel laget av raps fordi dette er den mest vanlige råvaren i Europa.



Figur 19 Eksempel på energibalanse for biodiesel

Oversikten ovenfor [18] er basert på et stort anlegg i Frankrike.

Energien tilføres i fire trinn.

- Solenergi ved vekst
- Energi til dyrking og høsting
- Energi til varmpressing av raps
- Energi til forestring til RME

Hver av disse tilførsleene er tilordnet et CO2 utslipp som er relatert og beregnet med hensyn på energikilden som er benyttet. Ved forbrenning av biobrensler er det dette CO2 utslippet som bør tilregnes brenselet.

For produksjon av biodiesel er det tre sluttprodukter og et mellomprodukt. Man får biodiesel, glyserol og varmpresset rapsplanter som slutt produkt, mens rapsolje er mellomproduktet. Hvert produkt er blitt tilordnet et energiforbruk og CO2 utslipp basert på produktets brennverdi og vekt.

Dersom energiforbruket deles på produktene får vi følgende situasjon for RME relatert til arealbruk for produksjon:

Brennverdi: 49,0 GJ/hektar
 Energiforbruk: 23,5 GJ/hektar
 CO2 utslipp: 1,126 t/hektar

Dette gir følgende energiforhold: $49,0/23,5 = 2,09$. Dvs. at litt under halvparten av energien i RME er tilført ved produksjon.

Energiforbruket som er vektet bort til rapsrestene og glyserol er henholdsvis 10,7 GJ/hektar og 1,1 GJ/hektar. Dersom man legger denne energien til RME blir energiforholdet $49,0/(23,5+10,7+1,1) = 1,39$

Energiforholdet 2,09 er nok det mest korrekte å bruke fordi både glyserol og rapsrestene har både salgsverdi og brennverdi. Glyserol selges ofte som råmateriale til såpeproduksjon, men brukes også til forbrenning. Rapsrestene brukes ofte i fôrproduksjon. Kaldpresset raps har høyest fôrverdi.

Til sammenligning med energibalansen på 2,09 i første eksempel er det den funnet å være 2,5 i oversikten nedenfor. [19]

Feedstock	Output : Input ratio	Reference
Biodiesel (palm oil)	9	(8.66) Azevedo (~9) Kaltner (9.66) Azevedo
Biodiesel (waste vegetable oil)	5 - 6	(4.85–5.88) Elsayed et al.
Biodiesel (soybeans)	3,2	(1.43–3.4) Azevedo et al. (3.2) Sheehan et al.
Biodiesel (rapeseed, EU)	2,5	(1.2–1.9) Azevedo et al. (2.16–2.41) Elsayed et al. (2–3) Azevedo et al. (2.5–2.9) BABFO (1.82–3.71) Richards (2.7) NTB (2.99) ADEME/DIREM

Figur 20 Eksempler på energibalanse faktorer

En utførlig oversikt fra et universitet i Romania [20] viser at den samme energiraten er 2,55 for RME. Det som også er interessant i denne oversikten er at energiraten er 3,3 for rapsolje dersom den er fremstilt ved varmpressing for videreføring til RME, og at den er 4,4 dersom den er rapsoljen fremstilles ved kaldpressing.

System stage	Crude oil		Esterificated oil	
Agricultural Production				
- agricultural production	3,2 t/ha	3,2 t/ha	3,2 t/ha	3,2 t/ha
- energy production	76000 MJ/ha	76000 MJ/ha	76000 MJ/ha	76000 MJ/ha
- energy consumption	17460 MJ/ha	17460 MJ/ha	17460 MJ/ha	17460 MJ/ha
- input/output	1:4,3	1:4,3	1:4,3	1:4,3
- energy benefit	330 %	330 %	330 %	330 %
OIL EXTRACTION				
	Cold pressing		Pressing & extraction	
- energy consumption	900 MJ/ha	900 MJ/ha		
	Rape oil	Rape cakes	Rape oil	Rape schrot
- production	1,02 t/ha	2,1 t/ha	1,22 t/ha	1,9 t/ha
- energy production	37700 MJ/ha	38400 MJ/ha	45100 MJ/ha	31000 MJ/ha
- total energy used	9100 MJ/ha	9260 MJ/ha	13550 MJ/ha	9310 MJ/ha
- input/output	1:4,4	1:4,1	1:3,3	1:3,3
- energy benefit	310 %	310 %	230 %	230 %
ESTERIFICATION				
- energy consumption	-	-	7630 MJ/ha	7630 MJ/ha
	-	-	Biodiesel	Glycerin
- production	-	-	1,21 t/ha	0,112 t/ha
- energy production	-	-	44890 t/ha	1900 MJ/ha
- total energy used	-	-	20310 t/ha	870 MJ/ha
- input/output	-	-	1:2,55	1:2,55
- energy efficiency	-	-	155 %	155 %

Figur 21 Energiregnskap for rapsbiodiesel i Romania

I Danmark er det beregnet at energibalansen er 5,3 for produksjon av rapsolje ved kaldpressing av vinterraps.[21]

"European energy crops" har beregnet at energibalansen for rapsoljeproduksjon i Østerrike er 2,76. Det ble da tatt hensyn til maskineri, men ikke bygninger. Alt energiforbruket ble lagt til rapsoljen. Ved samme beregningsmetodikk ville energibalansen for rapsolje blitt ca 2,0 i rapporten fra Romania.

I motsetning til alle disse undersøkelsene med positivt resultat for biodiesel skrev to amerikanske professorer Tad Patzek og David Pimentel en rapport i 2005 der resultatet ble at energibalansen for foredling av mange typer biomasse er under 1. Denne rapporten er blitt veldig mye omdiskutert i ettertid da forutsetningene i beregningene er noe forskjellig i forhold til det som har vært vanlig. Det blir blant annet lagt til grunn energiforbruk til produksjon av maskineri og bygninger. Energiinnholdet i biproduktene ble ikke medregnet.

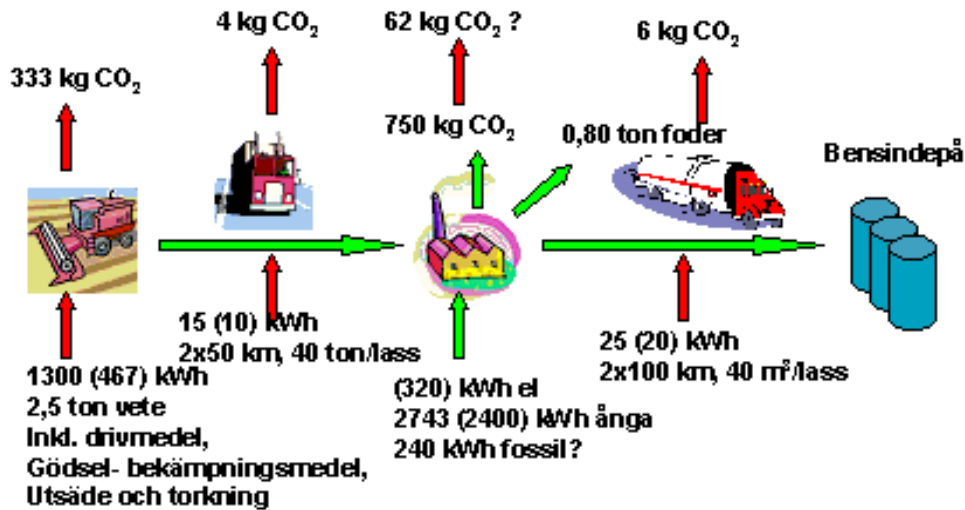
Den amerikanske biodiesel organisasjon mener at resultatet av denne rapporten ikke medfører korrekthet, men det at denne rapporten viser et annet resultat viser behovet for å klargjøre hvilke forutsetninger som kan brukes til beregning av energibalanse. Rapporten ble ikke funnet, men det ble funnet mye kritikk [22] av den.

Konklusjon rapsbiodiesel: De fleste undersøkelser viser at energiraten for RME er ca 2 til 2,5, men det er omdiskutert om dette er korrekt. Med energirate over 2 betyr det at RME kan benyttes i kraftproduksjon. Produksjon av biodiesel ved bruk av vekster som *Jatropha* kan gi høyere energirate på grunn av høyere oljeinnhold. Det dyrkes ikke *Jatropha* busker i Europa, og langt frakt av ferdig drivstoff eller råmateriale kan medføre dårligere energibalanse.

15.3 Energibalanse for bioetanol

Den største produsent av etanol i Sverige, Agroetanol, viser følgende oversikt for sin produksjon: [23]

Energiflöden Vid Produktion av 1 m³ Etanol

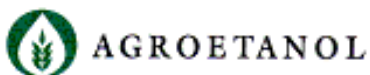
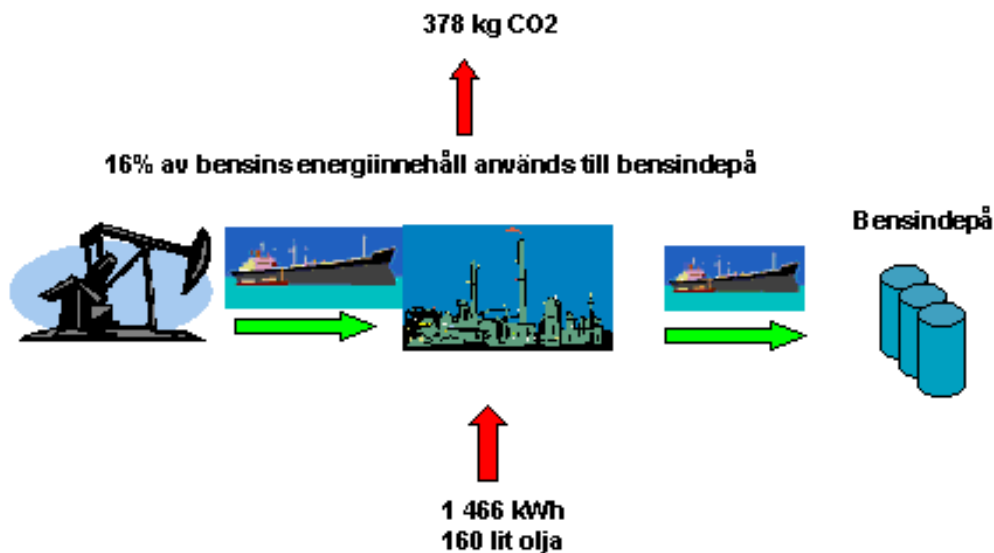


2003-02-21

KVALCA-1

Figur 22 Energiström ved produksjon av 1 m³ etanol

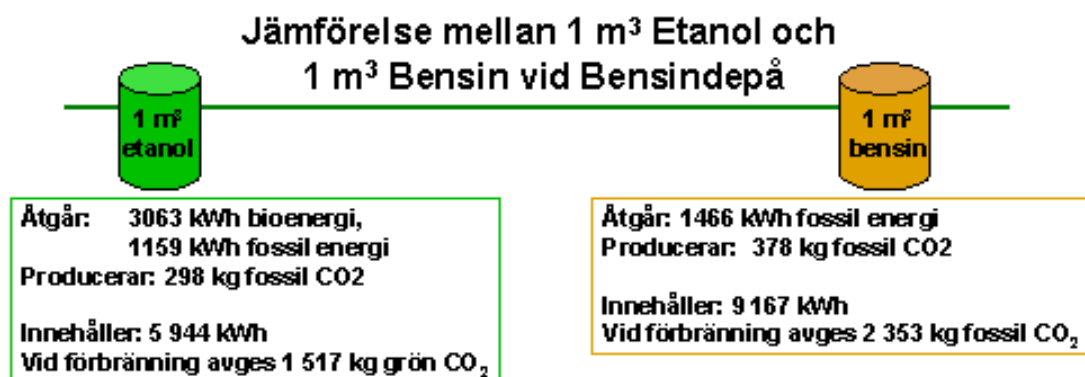
Energiflöden Vid Produktion av 1 m³ Bensin



2003-02-21

KVALCA-2

Figur 23 Energistrøm ved produksjon av 1 m³ bensin



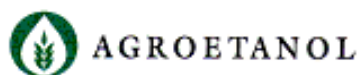
Men....

Vid låginblandning (5%) ökar inte bränsleförbrukningen varför 1 m³ etanol ersätter 1 m³ bensin



- Etanol ersätter 2,5 ggr mer energi än vad som åtgår vid tillverkningen
- Bensin producerar 9,2 ggr mer fossil CO₂ än etanol

* Energin före fabrik fördelas 68% på etanol och 32% på foder.



2003-02-21

KWLCA-3

Figur 24 Sammenligning av energi og utslipp ved produksjon av etanol og bensin

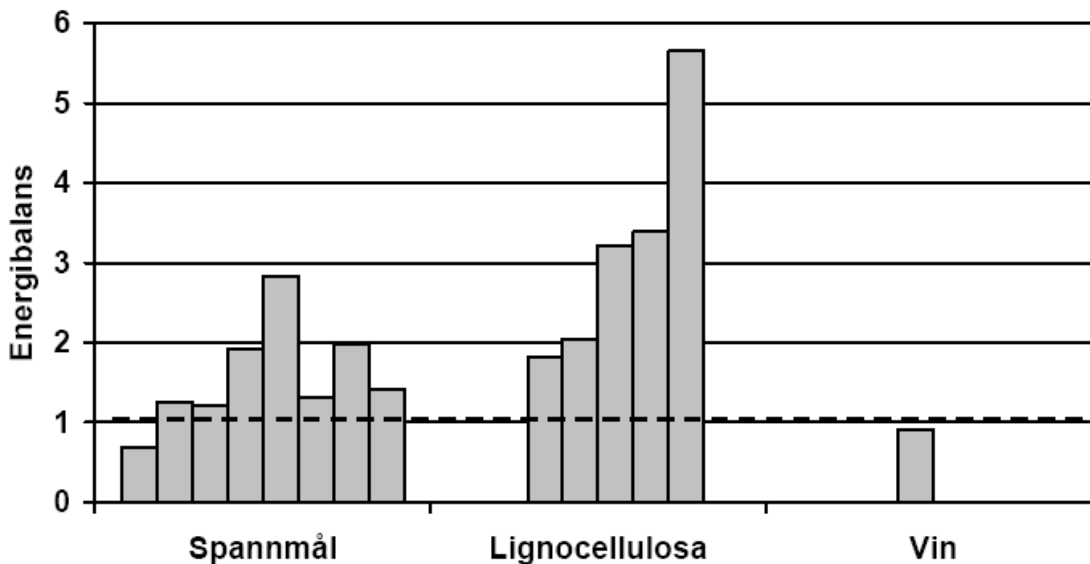
Beregning av energibalanse ved produksjon av 1 m³ etanol:

Energiinnhold: 5944 kWh
 Energi til produksjon: 3063 kWh bioenergi + 1159 kWh fossil energi = 4222 kWh

Energirate: 5944 kWh / 4222 kWh = 1,41

Forbruket av elektrisk energi er kun 320 kWh i forhold til 5944 kWh * η el.prod

Ved Lund Tekniske Høyskole i Sverige har man tidligere studert energibalanse for etanol. For svensk produksjon kom de fram til følgende resultat: [17]

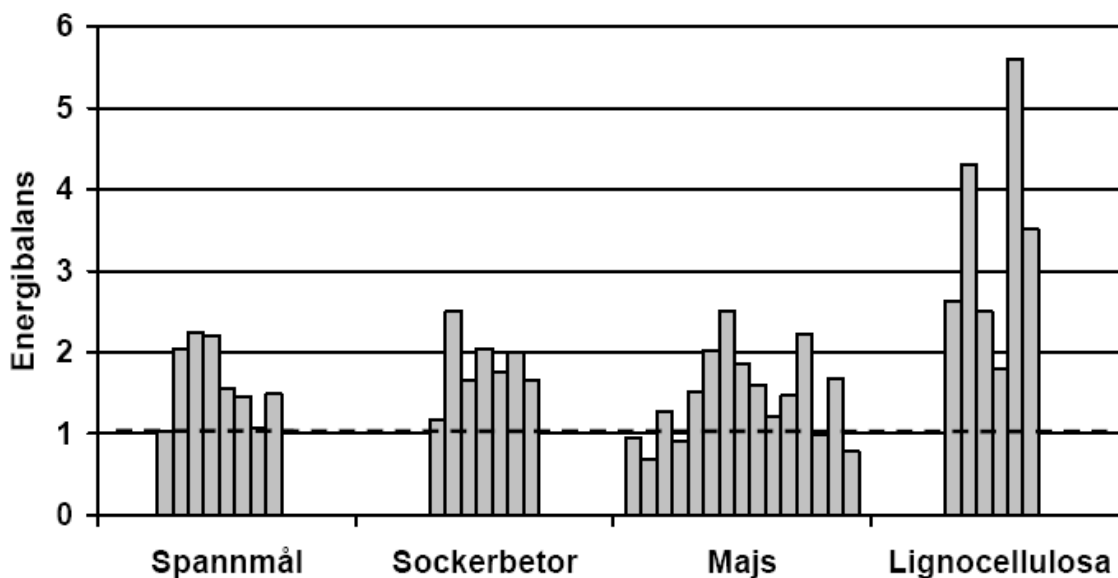


Figur 25 Energibalans for etanolproduksjon i Sverige

Resultatene for svensk etanolproduksjon er bevisst basert på forskjellige beregningsmetoder for noen av produsentene. Blant annet er de fire siste verdiene for lignocellulose fra samme produsent, avviket mellom dem uttrykker betydningen av beregningsmetodene.

"Spannmål" betyr kornprodukter, og "Lignocellulosa" betyr cellulose (energiskog).

For internasjonal produksjon kom de fram til følgende resultat:



Figur 26 Eksempler på energibalans for etanolproduksjon noen steder i verden

Gjennomsnittsverdien for kornprodukter ble 1,6, og varierer mellom 0,7 og 2,8. Til sammenligning ble det for sukkerrør, mais og cellulose beregnet at gjennomsnittsverdien var 1,4 , 1,8 og 3,2 henholdsvis.

Konklusjon etanol: Beregnede energibalans for etanolproduksjon ligger oftest mellom 1 og 2. Med unntak av etanolproduksjon fra energiskog er det få beregninger som viser at det er stor energigevinst ved

etanolproduksjon. Det kan se ut som om produksjon av rapsbiodiesel er mindre energikrevende i forhold til brennverdi enn produksjon av etanol.

15.4 Dokumentasjonskrav

Resultatene for både biodiesel og etanol viser spesielt to ting:

- Det brukes forskjellige beregningsmetoder med forskjellige forutsetninger for beregning av energibalanse.
- Det er stor forskjell i hvor mye energi som benyttes i den totale produksjonskjeden

Disse ting medfører at det kan være hensiktsmessig å innføre dokumentasjonskrav om energibalanse for leverandører av biodrivstoff. Dersom man skal satse så mye på biodrivstoff som både Norge, Europa og store deler av verden legger opp til, må man sikre at produksjonen ikke kun er basert på økonomiske betingelser, men også energi og miljømessige betingelser.

Et dokumentasjonskrav vil antagelig medføre større fokus på energieffektivt landbruk, produksjon og transport, slik at man over tid kan oppnå bedre energibalanse.

Man må standardisere forutsetningene i beregningen som brukes til dokumentasjonen. Det bør være spesielt fokus på fordeling av energibruk på produktene, og energikvalitet, og systemgrensesetting.

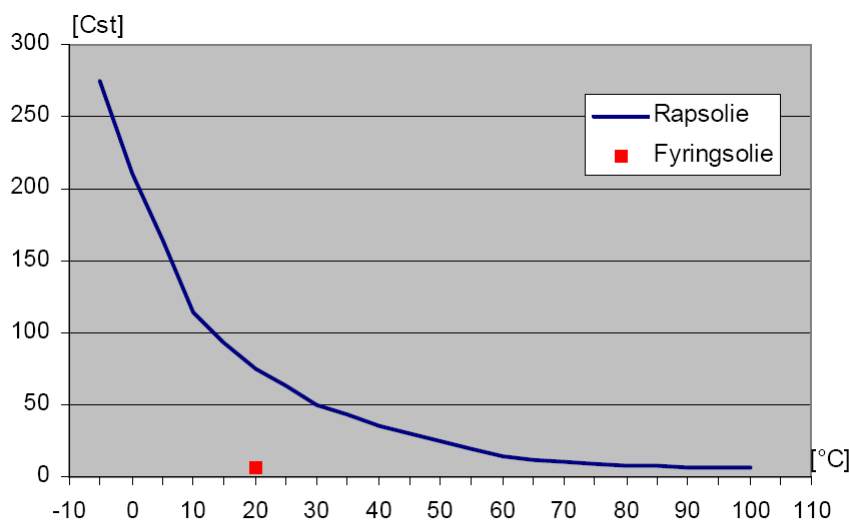
Dokumentasjonen kan eventuelt benyttes til energi-miljømerking av drivstoffene.

15.5 Bruk av vegetabilsk olje

Ved mange produksjonsanlegg krever foredlingen (forestering) av oljen en del energi. Det er i hovedsak viskositeten til oljen som reduseres ved produksjon av biodiesel fra bioolje. Viskositeten til biodiesel blir begrenset av standarder.

Alle biooljene har ganske mye bedre energibalanse enn dieselproduktet, og det er derfor spesielt i sammenheng kraftproduksjon et interessant drivstoff.

Viskositet til rapsolje avhengig av temperatur.



Figur 3.1 Viskositet for rapsolie afhængig af temperatur

Figur 27 Viskositet for rapsolje avhengig av temperatur

Vi kan se av Figur 27 [21] at viskositeten til rapsolje er ved ca 90°C omtrent på nivå med biodiesel. Da rapsolje har et flammepunkt på 220°C er det ikke noe sikkerhetsproblem å forvarme oljen før den går inn i motoren. På et kogenereringsanlegg har man mulighet til å forvarme oljen ved hjelp av røykgassen etter at denne har vært gjennom varmeveksleren. Dersom man forvarmer små mengder olje om gangen har man mulighet til å varme denne opp til minst 90°C før den går inn i motoren. Ved oppstart og nedstenging av anlegg bør anlegget automatisk gå over til bruk av vanlig diesel slik at det ikke ligger kald rapsolje inne i motoren når den skal gjenstartes.

I fyringsanlegg i Danmark er det vanlig å varme opp rapsolje til 90-130° før forbrenning.

15.5.1 Erfaringer med bruk av bioolje i motor

De første bilmotorer gikk på etanol eller biologiske oljer. Det var på grunn større forbruk av drivstoff, og bedre kvalitet og lavere kostnader ved framstilling av diesel og bensin fra fossile kilder som gjorde at man i lange tider nesten ikke benyttet biologiske brensel i den vestlige verden.

Ved modifikasjon av injeksjonssystemet på motorer er det også mulig å benytte rapsolje som drivstoff, men i følge Rolf Egnell ved universitetet i Lund i Sverige er det erfart at det i større grad danner seg kull rundt dyser, og at motorer på grunn av dette har blitt ødelagt.

I spesielt Østerrike og Tyskland er det vanlig å benytte også biooljer i kogenereringsanlegg. For eksempel er KW Energie Technik i Sør-Tyskland et lite selskap som leverer kogenereringsanlegg som går på rapsolje. De har 13 års erfaring med dette, og har levert over 500 anlegg. Injeksjonssystemet i motoren er modifisert, og den vegetabiliske oljen som benyttes tilfredsstillende standard DIN 51605. Selskapet rapporterer at de har anlegg som har gått utelukkende på rapsolje i 40000 driftstimer. Dette viser at det er mulig å lage driftsikre anlegg også for biologiske oljer. Til sammenligning er forventet levetid for motorene i EC Power sine anlegg ca 25000 driftstimer ved full last.

BLT Biomass Logistics Technology er en organisasjon i Østerrike som i løpet av mange år har utviklet og testet maskiner som kan benytte biodrivstoff, og deriblant biooljer. Østerrike er det landet i Europa som har desidert størst andel bruk av biomasse til kraftproduksjon. I følge informasjon fra BLT finnes det flere produsenter av kogenereringsanlegg for både bioolje, biodiesel og biogass i Østerrike, og noen i Syd Tyskland. De største anleggene for bioolje og biodiesel kan produsere opp mot 1200 kW elektrisitet [24].

15.5.2 Måling av røykgassutslipp fra anlegg som går på rapsolje

KW Energie Technik i Sør-Tyskland har utlevert følgende måleresultat. Av tabellen kan man se at ikke alle målingene er utført ennå.

Abgasmessung Pflanzenöl-BHKW

Emissionswerte bei Nennleistung, bezogen auf 5 % Restsauerstoff

Blockheizkraftwerk Typ	Elektrische Leistung [kW]	CO [mg/m ³ 5%O ₂]	NOx [mg/m ³ 5%O ₂]	Partikel [mg/m ³ 5%O ₂]	Schwärzungszahl [Bosch Skala]
KWE 8P-3 ohne Katalysator	8,0	125	1750	65	1,5
KWE 8P-3 mit Katalysator	8,0	70	-	-	1,4
KWE 12P-4 ohne Katalysator	12,0	130	-	65	1,5
KWE 12P-4 mit Katalysator	12,0	-	-	-	1,4
KWE 20P-4 ohne Katalysator	20,0	135	-	50	1,2
KWE 20P-4 mit Katalysator	20,0	-	-	-	1,1
KWE 25P-4 ohne Katalysator	25,0	145	2010	40	1,0
KWE 25P-4 mit Katalysator	25,0	-	-	-	0,9

Liste nicht vollständig, da sämtliche Abgasemissionen aufgrund Motoranpassungen zur Zeit neu erfasst werden.

Figur 28 Resultat fra røykgassmåling av rapsolje anlegg fra KW Energie Technik [25]

Velger å ta utgangspunkt i det største anlegget KWE 25P-4 uten katalysator. Resultatene for CO og NOx er gitt med samme enhet som et av alternativene i loggen fra XRGI 17 dieselanlegget på Mongstad, og verdiene er direkte sammenlignbare. Måleverdien mg/m³ 5% O₂ viser hvor stor masse av den aktuelle komponent som slippes ut ved 5% ubenyttet oksygen.

Forskjellen i brennverdi for diesel og rapsolje per liter er ca 10%. Dersom vi ser bort i fra at dette kan ha betydning for forskjell i støkiometrisk luftforbruk for de to drivstoffene kan vi anta at følgende forhold er rimelig dersom virkningsgrad for motor og generator er den samme:

$$\frac{(\text{Utslipp fra rapsolje g/kWh el.prod})}{(\text{Utslipp fra diesel g/kWh el.prod})} = \frac{(\text{Utslipp fra rapsolje mg/m}^3 \text{ 5\% O}_2)}{(\text{Utslipp fra diesel mg/m}^3 \text{ 5\% O}_2)}$$

$$\text{Utslipp fra rapsolje relativt til diesel} = \frac{(\text{Utslipp fra rapsolje mg/m}^3 \text{ 5\% O}_2)}{(\text{Utslipp fra diesel mg/m}^3 \text{ 5\% O}_2)}$$

⇒ Utslipp av NOx fra rapsoljeanlegg = 2010 / 2408 = 83,5% ift diesel
Ved eventuelt større støkiometrisk luftforbruk per brennverdi for rapsolje vil denne verdien bli større.

⇒ Utslipp av CO fra rapsoljeanlegg = 145 / 346,5 = 41,8% ift diesel
Ved eventuelt større støkiometrisk luftforbruk per brennverdi for rapsolje vil denne verdien bli større.

Vi kan konkludere ut fra dette at utslippet av CO fra rapsoljeanlegg er omtrent som for rapsbiodiesel, og det betyr mye mindre enn for diesel. Utslippet av NOx noe mindre enn for dieselanlegget på Mongstad, men mer enn for alle de andre anleggene. Ved øking av luftmengden i rapsoljeanlegget kan man redusere utslippet av NOx. Måleresultat fra rapport hos BLT [26] viser at utslippet fra flere rapsoljeanlegg er i størrelsesorden slik det er blitt målt i Figur 28, men at de fleste anlegg har litt lavere utslipp av NOx, og litt mer CO, kanskje på grunn av større luftforbruk.

Forøvrig kan det bemerkes at bosch røyktall er noe større for rapsolje enn dieselanlegget på Mongstad.

Utslippet av CO₂ fra rapsolje vil være minst av alle de drivstoffene som er vurdert, fordi foredlingsprosessen til rapsolje er mindre energikrevende enn for RME og REE, og det tilsettes ikke noe alkohol. Rapsolje som benyttes direkte i motorer må ha bedre kvalitet enn den har før den eventuelt benyttes til produksjon av biodiesel.

Som man kan se av dette har rapsolje (og andre biooljer) mange fordeler som drivstoff i kogenereringsanlegg, men det er negativt at utslippet av NOx er ganske stort. Ved bruk av store anlegg for rapsolje, eller ved bruk av flere anlegg i kombinasjon bør man vurdere å installere NOx fjerningsanlegg. I forhold til energi og drivhuseffekt er rapsolje det drivstoffet som er å foretrekke i kogenereringsanlegg.

VEDLEGG 1 LOGG MÅLERESULTAT E85

000008

11 E85

575 / 670

Date från SAAB mappning

829 / 819

2250
5825
1530
203800
1550

Varvtal (rpm)	Insugs-tryck (bar a)	Tänd-vinkel (grader)	Moment (Nm)	Bränsle-förbr (kg/h)	Insugs-temp (C)	Avgas-temp (C)	HC NOx		NOx CO2		CO		CO2 HC		O2	
							före (ppm)	efter (ppm)	före (%)	efter (%)	före (ppm)	efter (ppm)	före (ppm)	efter (ppm)	före (%)	efter (%)
1500	0.32	20	25.7	2.48	21	371	316	36	490	0.5	6700	73	14.1	15.3	0.5	0
1500	0.43	19	56	3.51	21	400	380	15	1270	2.5	6700	28	14.1	15.2	0.5	0
1500	0.54	20	75	4.70	21	445	380	14	2000	1.57	6000	68	14.1	15.3	0.5	0
1500	0.65	16	99.7	5.84	21.6	492	390	23	2250	8	6300	180	14.1	15.0	0.5	0
1500	0.77	12.5	125.0	7.16	22	532	360	30	2300	11	6000	420	14.1	15.1	0.5	0
1500	0.90	8	150	8.61	23	596	370	54	2300	18	5400	400	14.2	15.0	0.36	0
1500	1	5	168	9.68	23	625	377	54	2200	20	5000	200	14.1	15.0	0.5	0
1500	0.79	10	0	8.11	23	413	150	19	70	65	1300	16	13.6	13.9	0.33	3
2000	0.23	13	0	2.14	23	438	260	11	30	25	1430	13	11.6	11	4.4	4
2000	0.30	18	25.8	3.96	24	470	150	5	400	3	6000	101	14.2	15.0	0.4	0
2000	0.40	22	49.9	5.24	23	500	230	3	1200	3	6300	125	14.1	15.0	0.5	0
2000	0.51	25.5	75.6	6.69	24	525	300	12	2000	8	6370	123	14.05	15.0	0.56	0
2000	0.61	25	100.0	8.09	24	550	262	17	2400	8	6000	175	14.1	15.0	0.32	0
2000	0.73	20	126.0	9.65	24	595	275	28	2500	13	5300	200	14.1	15.0	0.36	0
2000	0.84	15	150	11.29	25	638	261	32	2300	11	5000	288	14.2	15.0	0.3	0
2000	1	11	181	13.55	25	684	470	39	2300	18	4100	513	14.2	15.1	0.5	0

17 VEDLEGG 2 LOGG MÅLERESULTAT DIESELANLEGG MONGSTAD

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: SD 17 diesel
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Diesel CHP\Øystein\17,2kw - Studentforsøk B0 basediesel mars
 Kommentar til loggingen: Prosjekt: Studentoppgave
 Test-timer: 0 / Drifts-timer: 805
 Drivstoff: Base-diesel
 Røykgasstemp: 174,2
 Bosch røyktall: 0,630

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff- forbruk (g/s)	Drivstoff- forbruk (l/h)	Spes. dr.stoff- forbruk (g/kWh)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
13:26	17,2	30	1,117	4,77	240,3	47,9	34,96	54,8	87	16,77
13:26	17,2	30	1,117	4,77	240,4	47,9	34,95	55,1	89,8	16,77
13:26	17,2	30	1,141	4,87	245,7	48,9	34,21	54,1	90,1	16,66
13:26	17,2	30	1,155	4,93	248,7	49,5	33,78	53,5	88,3	16,66
13:26	17,2	30	1,117	4,77	240,7	47,9	34,92	55,2	87,3	16,58
13:26	17,2	30	1,117	4,77	240,8	47,9	34,9	55,1	90,1	16,58
13:26	17,2	30	1,124	4,8	242,4	48,2	34,66	54,8	90	16,43
13:26	17,2	30	1,141	4,87	246,3	48,9	34,11	54	89,5	16,43
13:26	17,2	30	1,141	4,87	246,5	48,9	34,09	53,5	88,1	16,42
13:26	17,2	30	1,141	4,87	246,7	48,9	34,06	53,3	87,6	16,42
13:26	17,2	30	1,117	4,77	241,6	47,9	34,78	54,6	87,4	17,04
13:26	17,2	30	1,103	4,71	238,5	47,3	35,23	55,2	89,4	17,04
13:26	17,2	30	1,117	4,77	241,4	47,9	34,81	55	90,5	16,57
13:26	17,2	30	1,11	4,74	240	47,6	35,02	55,2	89,8	16,57
13:26	17,2	30	1,114	4,75	240,8	47,7	34,9	54,9	90,2	16,98
13:26	17,2	30	1,11	4,74	239,8	47,6	35,04	55,1	89,8	16,98
13:26	17,2	30	1,145	4,88	247,1	49	34,01	53,5	90,1	16,7
13:26	17,2	30	1,141	4,87	246,3	48,9	34,11	54	87,5	16,7
13:26	17,2	30	1,141	4,87	246,4	48,9	34,11	54,2	88,1	17,12
13:26	17,2	30	1,114	4,75	240,1	47,7	35	55,6	88,3	17,12
13:26	17,2	30	1,121	4,78	241,2	48	34,83	55,2	90,6	16,49
13:26	17,2	30	1,117	4,77	240,5	47,9	34,94	55,5	90	16,49
13:26	17,2	30	1,117	4,77	240,6	47,9	34,93	55,5	90,5	16,55
13:26	17,2	30	1,114	4,75	239,8	47,7	35,04	54,8	90,4	16,55
13:26	17,2	30	1,11	4,74	239,1	47,6	35,14	54,9	89,9	16,55
13:26	17,2	30	1,11	4,74	239,3	47,6	35,12	55,3	90	16,55
13:26	17,2	30	1,138	4,85	245,4	48,7	34,24	54,1	90,4	16,71
13:26	17,2	30	1,121	4,78	241,7	48	34,77	55	88,4	16,71
13:26	17,2	30	1,117	4,77	241	47,9	34,87	54,9	89,7	16,67
13:26										
Middel:	17,2	30	1,124	4,79	242,4	48,1	34,67	54,7	89,3	16,68
St.avvik:	0	0	1,227	1,227	1,239	1,227	1,228	1,223	1,295	1,292

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til køllev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)	
16,73	26,24	1	160	160	640	145	4,76	12,6	0,804	10,67	1,403
16,73	26,38	1	160	160	640	145	4,76	12,6	0,778	10,32	1,357
16,73	26,45	1	160	160	640	146	4,76	12,6	0,778	10,32	1,367
16,72	26,48	1	160	160	640	146	4,76	12,6	0,795	10,55	1,397
16,71	26,43	1	160	160	640	146	4,76	12,6	0,805	10,68	1,414
16,7	26,38	1	160	160	640	146	4,76	12,6	0,779	10,34	1,369
16,69	26,41	1	160	160	640	146	4,76	12,6	0,78	10,34	1,369
16,68	26,4	1	160	160	641	147	4,77	12,59	0,784	10,41	1,386
16,67	26,15	1	160	160	641	147	4,77	12,59	0,796	10,58	1,408
16,66	26,06	1	160	160	641	147	4,77	12,58	0,797	10,58	1,408
16,65	26,15	1	160	160	642	146	4,77	12,58	0,797	10,6	1,4
16,65	26,12	1	160	160	642	146	4,77	12,58	0,78	10,38	1,369
16,66	26,31	1	160	160	643	145	4,77	12,58	0,77	10,26	1,343
16,66	26,25	1	160	160	643	145	4,77	12,58	0,78	10,39	1,36
16,65	26,19	1	160	160	643	145	4,77	12,59	0,776	10,33	1,353
16,67	26,2	1	160	160	643	145	4,77	12,59	0,777	10,36	1,356
16,68	26,24	1	160	160	643	145	4,77	12,59	0,774	10,32	1,35
16,68	26,4	1	150	150	643	145	4,76	12,6	0,75	10,66	1,395
16,68	26,48	1	150	150	643	145	4,76	12,6	0,748	10,63	1,391
16,7	26,53	1	150	150	642	144	4,76	12,6	0,747	10,6	1,38
16,72	26,51	1	150	150	642	144	4,76	12,6	0,728	10,33	1,344
16,72	26,57	1	150	150	642	144	4,77	12,58	0,731	10,37	1,35
16,72	26,55	1	160	160	640	144	4,77	12,58	0,777	10,3	1,345
16,72	26,17	1	160	160	640	144	4,77	12,58	0,777	10,3	1,346
16,72	26,11	1	160	160	641	144	4,78	12,57	0,773	10,27	1,339
16,7	26,28	1	160	160	641	144	4,78	12,57	0,771	10,25	1,336
16,69	26,38	1	160	160	641	144	4,77	12,58	0,773	10,27	1,339
16,69	26,38	1	160	160	643	143	4,77	12,58	0,793	10,56	1,363
16,69	26,26	1	160	160	643	143	4,77	12,58	0,781	10,4	1,343
16,69	26,33	1	158,3	158,3	641	145	4,77	12,59	0,776	10,43	1,368
0,1609	0,554	0	2,429	2,429	0,1937	0,77	0,1267	0,0815	2,505	1,379	1,8

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i diesel (MJ/kg)	Tetthet på diesel (kg/dm3)	Kjølevanns- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)
724	1393	164	2406	346,9	2,789	42,84	0,844	1517	74,2	89,1
700	1347	164	2406	346,9	2,789	42,84	0,844	1516	74,2	89,2
700	1348	164	2406	349,3	2,789	42,84	0,844	1519	74,2	89,2
716	1377	164	2406	349,3	2,789	42,84	0,844	1520	74,2	89,2
724	1394	164	2406	349,3	2,789	42,84	0,844	1518	74,2	89,2
701	1349	164	2406	349,3	2,789	42,84	0,844	1516	74,2	89,2
702	1350	164	2406	349,3	2,789	42,84	0,844	1516	74,2	89,2
707	1356	163,8	2407	351,2	2,783	42,84	0,844	1517	74,2	89,2
718	1378	163,8	2407	351,2	2,783	42,84	0,844	1517	74,2	89,1
718	1377	163,6	2404	350,8	2,782	42,84	0,844	1516	74,2	89
719	1378	163,6	2408	348,4	2,782	42,84	0,844	1517	74,2	89,1
703	1348	163,6	2408	348,4	2,782	42,84	0,844	1512	74,2	89,1
694	1331	163,6	2411	346	2,782	42,84	0,844	1516	74,2	89,2
703	1348	163,6	2411	346	2,782	42,84	0,844	1516	74,2	89,1
699	1342	163,8	2414	346,5	2,784	42,84	0,844	1516	74,2	89,1
701	1345	163,8	2414	346,5	2,784	42,84	0,844	1516	74,2	89,1
698	1339	163,8	2414	346,5	2,784	42,84	0,844	1515	74,2	89,1
720	1385	153,8	2417	346,9	2,789	42,84	0,844	1519	74,2	89,2
717	1381	153,8	2417	346,9	2,789	42,84	0,844	1516	74,2	89,3
716	1379	153,8	2413	344,5	2,789	42,84	0,844	1518	74,2	89,3
698	1344	153,8	2413	344,5	2,789	42,84	0,844	1517	74,2	89,3
702	1347	153,4	2408	343,7	2,783	42,84	0,844	1516	74,2	89,3
700	1343	163,6	2400	343,7	2,782	42,84	0,844	1516	74,2	89,3
700	1343	163,6	2400	343,7	2,782	42,84	0,844	1517	74,2	89,1
698	1335	163,5	2401	343,2	2,777	42,84	0,844	1514	74,2	89,1
697	1332	163,5	2401	343,2	2,777	42,84	0,844	1516	74,2	89,1
697	1337	163,6	2404	343,7	2,782	42,84	0,844	1516	74,2	89,2
714	1370	163,6	2411	341,3	2,782	42,84	0,844	1516	74,2	89,2
704	1349	163,6	2411	341,3	2,782	42,84	0,844	1515	74,2	89,1
707	1357	162,1	2408							
1,328	1,423	2,392	0,2048							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
0	1	1	1	24,29	30
0	1	1	1	24,29	30
0	1	1	1	24,29	30
0	1	1	1	24,29	30
0	1	1	1	24,29	30
0	1	1	1	24,29	30
0	1	1	1	24,3	30
0	1	1	1	24,36	30
0	1	1	1	24,37	30
0	1	1	1	24,37	30
0	1	1	1	24,37	30
0	1	1	1	24,36	30
0	1	1	1	24,36	30
0	1	1	1	24,37	30
0	1	1	1	24,37	30
0	1	1	1	24,36	30
0	1	1	1	24,38	30
0	1	1	1	24,37	30
0	1	1	1	24,44	30
0	1	1	1	24,44	30
0	1	1	1	24,43	30
0	1	1	1	24,43	30
0	1	1	1	24,43	30
0	1	1	1	24,43	30
0	1	1	1	24,58	30
0	1	1	1	24,58	30
0	1	1	1	24,59	30
0	1	1	1	24,58	30
0	1	1	1	24,58	30

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: SD 17 diesel
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Diesel CHP\Øystein\14,1kw - Studentforsøk B0 basediesel mars
 Kommentar til loggingen: Prosjekt: B10 / Studentoppgave
 Test-timer: 0 / Drifts-timer: 805
 Drivstoff: Base-diesel (febr. 06)
 Røykgasstemp: 156,4
 Bosch røyktall: 0,533

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff-forbruk (g/s)	Drivstoff-forbruk (l/h)	Spes. dr.stoff-forbruk (g/kWh)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
13:14	14,1	30	0,934	3,986	244,7	40,03	34,34	55,8	90,1	13,75
13:14	14,1	30	0,972	4,148	254,6	41,66	33	53,6	86,6	13,66
13:14	14,1	30	0,959	4,089	251,2	41,07	33,45	54,4	87,8	13,66
13:14	14,1	30	0,986	4,207	258,6	42,25	32,5	53,4	85,9	13,94
13:14	14,1	30	0,934	3,986	244,9	40,03	34,31	56,1	90,4	13,94
13:14	14,1	30	0,934	3,986	244,8	40,03	34,33	56,1	90,4	13,85
13:14	14,1	30	0,938	4,001	245,7	40,18	34,2	54,8	89,1	13,85
13:14	14,1	30	0,934	3,986	244,8	40,03	34,33	55,1	89,4	13,8
13:14	14,1	30	0,931	3,972	243,9	39,89	34,45	55,6	90,1	13,8
13:14	14,1	30	0,931	3,972	243,9	39,89	34,45	55,4	89,9	13,43
13:14	14,1	30	0,934	3,986	245,1	40,03	34,28	55,3	89,6	13,43
13:14	14,1	30	0,952	4,06	250	40,77	33,62	54,4	88	13,54
13:14	14,1	30	0,948	4,045	249,1	40,62	33,74	54,5	88,3	13,54
13:14	14,1	30	0,959	4,089	251,8	41,07	33,37	54	87,4	13,57
13:14	14,1	30	0,928	3,957	243,7	39,74	34,48	55,8	90,3	13,57
13:14	14,1	30	0,938	4,001	246,4	40,18	34,1	55,1	89,2	13,65
13:14	14,1	30	0,931	3,972	244,8	39,89	34,32	55,7	90	13,65
13:14	14,1	30	0,934	3,986	246	40,03	34,17	55,7	89,9	13,72
13:14	14,1	30	0,928	3,957	244,1	39,74	34,43	56,1	90,5	13,72
13:14	14,1	30	0,928	3,957	244	39,74	34,43	56,1	90,6	13,81
13:14	14,1	30	0,934	3,986	245,8	40,03	34,18	55,8	90	13,81
13:14	14,1	30	0,966	4,119	254	41,36	33,09	53,9	87	13,55
13:15	14,1	30	0,952	4,06	250,5	40,77	33,54	54,7	88,2	13,55
13:15	14,1	30	0,931	3,972	245,3	39,89	34,26	55,9	90,2	13,6
13:15	14,1	30	0,928	3,957	245,3	39,89	34,26	55,8	90	13,6
13:15	14,1	30	0,931	3,972	244,5	39,74	34,38	55,9	90,3	13,44
13:15	14,1	30	0,931	3,972	245,5	39,89	34,23	55,7	89,9	13,44
13:15	14,1	30	0,934	3,986	245,5	39,89	34,24	56,5	90,8	13,73
13:15	14,1	30	0,934	3,986	246,4	40,03	34,11	56,6	90,7	13,73
13:15										
Middel:	14,1	30	0,941	4,012	247,1	40,29	34,02	55,3	89,3	13,67
St.avvik:	0	0	1,588	1,588	1,537	1,595	1,503	1,571	1,502	1,078

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til køllev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)	
13,75	22,33	1	170	170	506	205	3,97	13,99	1,014	10	2,369
13,75	22,32	1	170	170	506	205	3,97	13,99	1,014	10,01	2,369
13,74	22,32	1	170	170	506	205	3,97	13,99	1,056	10,42	2,467
13,73	22,55	1	170	170	506	205	3,97	13,99	1,041	10,28	2,434
13,74	22,47	1	170	170	506	205	3,97	13,99	1,071	10,57	2,503
13,74	22,45	1	170	170	506	205	3,97	13,99	1,014	10,01	2,37
13,74	22,04	1	170	170	508	205	3,97	13,99	1,014	10,05	2,37
13,74	22,06	1	170	170	508	205	3,97	13,99	1,018	10,09	2,379
13,74	22,19	1	180	180	509	204	3,97	14	1,074	10,07	2,359
13,74	22,12	1	180	180	509	204	3,97	14	1,07	10,04	2,351
13,72	22,14	1	180	180	508	205	3,97	14	1,072	10,03	2,365
13,71	22,19	1	180	180	508	205	3,97	14	1,077	10,08	2,377
13,71	22,15	1	180	180	508	205	3,97	13,99	1,096	10,26	2,42
13,7	22,18	1	160	160	505	205	3,97	13,99	0,972	10,17	2,412
13,7	22,18	1	160	160	505	205	3,97	13,99	0,982	10,28	2,439
13,7	22,16	1	160	160	507	205	3,97	13,99	0,951	9,99	2,36
13,69	22,2	1	160	160	507	205	3,97	13,99	0,962	10,11	2,389
13,68	22,32	1	160	160	507	205	3,97	13,99	0,956	10,04	2,373
13,68	22,3	1	180	180	509	205	3,97	13,99	1,078	10,11	2,38
13,68	22,3	1	180	180	509	205	3,97	13,99	1,071	10,04	2,363
13,69	22,35	1	180	180	509	205	3,97	13,99	1,07	10,04	2,362
13,69	22,31	1	180	180	509	205	3,97	13,99	1,078	10,11	2,379
13,68	22,29	1	180	180	509	205	3,97	14	1,115	10,46	2,461
13,67	22,29	1	180	180	506	204	3,97	14	1,1	10,25	2,416
13,66	22,24	1	180	180	506	204	3,97	14	1,077	10,04	2,365
13,65	22,21	1	170	170	506	205	3,96	14,01	1,016	10,03	2,375
13,66	22,2	1	170	170	506	205	3,96	14,01	1,02	10,06	2,383
13,66	22,55	1	170	170	506	206	3,97	13,99	1,017	10,04	2,388
13,66	22,65	1	170	170	507	206	3,97	13,99	1,02	10,09	2,396
13,7	22,28	1	172,4	172,4	507	204,9	3,969	13,99	1,038	10,13	2,392
0,2396	0,661	0	4,289	4,289	0,2673	0,2233	0,065	0,04444	4,399	1,471	1,557

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i diesel (MJ/kg)	Tetthet på diesel (kg/dm3)	Kjølevanns- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)
721	1847	209,4	2285	589	3,374	42,84	0,844	1514	76,2	88,9
721	1847	209,4	2285	589	3,374	42,84	0,844	1516	76,2	88,9
751	1923	209,4	2285	589	3,374	42,84	0,844	1516	76,2	88,9
741	1897	209,4	2285	589	3,374	42,84	0,844	1514	76,2	89
761	1951	209,4	2285	589	3,374	42,84	0,844	1516	76,2	88,9
721	1848	209,4	2285	589	3,374	42,84	0,844	1515	76,2	88,9
721	1848	209,4	2294	589	3,374	42,84	0,844	1514	76,2	88,7
724	1855	209,4	2294	589	3,374	42,84	0,844	1515	76,2	88,7
721	1850	222	2302	587	3,375	42,84	0,844	1516	76,2	88,8
719	1843	222	2302	587	3,375	42,84	0,844	1512	76,2	88,8
720	1845	222	2297	590	3,375	42,84	0,844	1513	76,2	88,8
723	1854	222	2297	590	3,375	42,84	0,844	1517	76,2	88,8
736	1886	221,7	2294	589	3,373	42,84	0,844	1513	76,2	88,8
734	1881	197	2280	589	3,375	42,84	0,844	1515	76,2	88,8
742	1901	197	2280	589	3,375	42,84	0,844	1516	76,2	88,8
718	1840	197	2289	589	3,375	42,84	0,844	1514	76,2	88,8
727	1862	197	2289	589	3,375	42,84	0,844	1516	76,2	88,8
722	1850	197	2289	589	3,375	42,84	0,844	1513	76,2	88,9
724	1856	221,7	2298	589	3,373	42,84	0,844	1512	76,2	88,9
719	1842	221,7	2298	589	3,373	42,84	0,844	1513	76,2	88,9
719	1842	221,7	2298	589	3,373	42,84	0,844	1516	76,2	88,9
724	1855	221,7	2298	589	3,373	42,84	0,844	1514	76,2	88,9
749	1920	222	2302	590	3,375	42,84	0,844	1512	76,2	88,9
739	1894	222	2288	587	3,375	42,84	0,844	1512	76,2	88,9
723	1854	222	2288	587	3,375	42,84	0,844	1514	76,2	88,8
721	1854	210	2291	591	3,384	42,84	0,844	1514	76,2	88,8
723	1861	210	2291	591	3,384	42,84	0,844	1513	76,2	88,8
723	1853	209,4	2285	592	3,374	42,84	0,844	1514	76,2	89
725	1859	209,4	2289	592	3,374	42,84	0,844	1513	76,2	89,1
728	1866	212,4	2291							
1,546	1,533	4,319	0,2838							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
630	1	1	1	24,2	30
622	1	1	1	24,2	30
614	1	1	1	24,2	30
607	1	1	1	24,19	30
599	1	1	1	24,2	30
591	1	1	1	24,19	30
583	1	1	1	24,2	30
575	1	1	1	24,21	30
567	1	1	1	24,21	30
559	1	1	1	24,21	30
551	1	1	1	24,21	30
543	1	1	1	24,2	30
535	1	1	1	24,2	30
527	1	1	1	24,19	30
519	1	1	1	24,19	30
511	1	1	1	24,2	30
503	1	1	1	24,2	30
495	1	1	1	24,2	30
487	1	1	1	24,2	30
479	1	1	1	24,19	30
471	1	1	1	24,2	30
463	1	1	1	24,2	30
455	1	1	1	24,14	30
447	1	1	1	24,14	30
440	1	1	1	24,13	30
432	1	1	1	24,14	30
424	1	1	1	24,14	30
416	1	1	1	24,14	30
408	1	1	1	24,14	30

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: SD 17 diesel
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Diesel CHP\Øystein\10,6kw - Studentforsøk B0 basediesel mars
 Kommentar til loggingen: Prosjekt: B10 / Studentoppgave
 Test-timer: 0 / Drifts-timer: 805
 Drivstoff: Base-diesel (febr. 06)
 Røykgasstemp: 138,1
 Bosch røyktall: 0,553

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff- forbruk (g/s)	Drivstoff- forbruk (l/h)	Spes. dr.stoff- forbruk (g/kWt)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
13:02	10,6	30	0,734	3,133	260,6	31,47	32,24	58,8	91,5	9,96
13:02	10,6	30	0,734	3,133	260,9	31,47	32,21	57,9	90,2	10,1
13:02	10,6	30	0,738	3,148	262,2	31,61	32,05	58	90,2	10,1
13:02	10,6	30	0,748	3,192	265,9	32,06	31,61	57,6	89,7	10,32
13:02	10,6	30	0,741	3,163	263,4	31,76	31,9	57	88,6	10,32
13:02	10,6	30	0,734	3,133	260,9	31,47	32,21	57,7	89,6	9,88
13:02	10,6	30	0,724	3,089	257,5	31,02	32,63	58,4	90,6	9,88
13:02	10,6	30	0,741	3,163	263,9	31,76	31,84	58,8	91,4	10,28
13:02	10,6	30	0,731	3,119	260	31,32	32,32	57,4	89,2	10,28
13:02	10,6	30	0,731	3,119	259,7	31,32	32,35	58,2	90,5	10,28
13:02	10,6	30	0,724	3,089	257,1	31,02	32,68	58,1	90,5	10,28
13:02	10,6	30	0,728	3,104	258,2	31,17	32,55	58,8	91,5	10,22
13:02	10,6	30	0,728	3,104	258	31,17	32,58	57,8	90,4	10,22
13:02	10,6	30	0,728	3,104	257,8	31,17	32,6	57,7	90,3	9,9
13:02	10,6	30	0,731	3,119	259,1	31,32	32,44	57,8	90,4	9,9
13:02	10,6	30	0,717	3,06	254,5	30,73	33,02	57,5	89,9	10,23
13:02	10,6	30	0,731	3,119	259,3	31,32	32,41	59	92	10,23
13:02	10,6	30	0,731	3,119	259,2	31,32	32,42	57,8	90,3	10,13
13:02	10,6	30	0,731	3,119	259,4	31,32	32,39	57,9	90,3	10,13
13:02	10,6	30	0,734	3,133	260,8	31,47	32,22	57,6	90	10,31
13:02	10,6	30	0,734	3,133	260,7	31,47	32,23	57,8	90	10,31
13:02	10,6	30	0,741	3,163	263,1	31,76	31,94	57,7	90	9,98
13:02	10,6	30	0,745	3,177	264,5	31,91	31,77	57,2	89,1	9,98
13:02	10,6	30	0,738	3,148	262,3	31,61	32,04	56,8	88,6	10,33
13:02	10,6	30	0,738	3,148	262	31,61	32,08	57,4	89,5	10,33
13:02	10,6	30	0,724	3,089	256,8	31,02	32,73	57,3	89,4	10,11
13:02	10,6	30	0,728	3,104	258,1	31,17	32,56	58,4	91,1	10,11
13:02	10,6	30	0,738	3,148	261,9	31,61	32,09	58,5	91,1	10,16
13:02	10,6	30	0,738	3,148	261,8	31,61	32,09	57,7	89,8	10,16
13:02										
Middel:	10,6	30	0,733	3,128	260,3	31,41	32,28	57,9	90,2	10,15
St.avvik:	0	0	0,943	0,943	0,991	0,943	0,991	0,943	0,927	1,483

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til kjølev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)	
10,15	18,23	1	170	170	374	283	3,09	15,55	1,373	10,02	4,465
10,14	18,22	1	170	170	373	283	3,09	15,55	1,394	10,14	4,53
10,13	18,24	1	170	170	373	283	3,09	15,55	1,395	10,15	4,53
10,13	18,21	1	170	170	374	283	3,09	15,54	1,401	10,22	4,55
10,13	18,28	1	180	180	374	283	3,09	15,54	1,503	10,36	4,62
10,13	18,33	1	180	180	374	283	3,09	15,54	1,489	10,26	4,57
10,12	18,36	1	180	180	375	283	3,09	15,54	1,477	10,2	4,54
10,11	18,24	1	180	180	375	283	3,09	15,54	1,458	10,07	4,476
10,12	18,23	1	180	180	375	283	3,09	15,55	1,492	10,3	4,58
10,13	18,23	1	180	180	375	283	3,09	15,55	1,469	10,15	4,512
10,14	18,21	1	180	180	375	283	3,09	15,55	1,468	10,14	4,509
10,15	18,25	1	180	180	375	283	3,09	15,55	1,454	10,04	4,464
10,15	18,02	1	180	180	375	283	3,09	15,55	1,459	10,08	4,481
10,16	17,99	1	180	180	376	283	3,09	15,55	1,458	10,1	4,478
10,16	18,01	1	180	180	376	283	3,09	15,55	1,459	10,1	4,479
10,15	18,01	1	180	180	376	282	3,09	15,54	1,467	10,16	4,488
10,15	18,12	1	180	180	376	282	3,09	15,54	1,439	9,96	4,402
10,15	18,12	1	180	180	376	282	3,09	15,54	1,466	10,15	4,486
10,14	18,12	1	180	180	374	282	3,1	15,54	1,463	10,08	4,478
10,14	18,04	1	180	180	374	282	3,1	15,54	1,464	10,09	4,481
10,14	18,17	1	180	180	373	282	3,09	15,54	1,474	10,13	4,512
10,14	18,17	1	180	180	373	282	3,09	15,54	1,474	10,13	4,51
10,14	18,16	1	180	180	373	282	3,09	15,54	1,489	10,23	4,56
10,13	18,13	1	180	180	376	282	3,09	15,54	1,497	10,37	4,58
10,14	18,15	1	180	180	376	282	3,09	15,54	1,481	10,26	4,53
10,15	18,13	1	180	180	377	282	3,09	15,54	1,48	10,28	4,53
10,15	18,11	1	180	180	377	282	3,09	15,54	1,453	10,09	4,445
10,14	18,25	1	180	180	377	282	3,09	15,54	1,46	10,14	4,467
10,15	18,24	1	180	180	375	282	3,09	15,54	1,481	10,23	4,53
10,14	18,17	1	178,6	178,6	374,9	282,5	3,091	15,54	1,46	10,16	4,51
0,1096	0,522	0	1,965	1,965	0,337	0,18	0,0834	0,03112	2,18	0,958	1,038

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i diesel (MJ/kg)	Tetthet på diesel (kg/dm3)	Kjølevanns- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)
766	2803	270,4	2181	1050	4,374	42,84	0,844	1512	78,1	88,5
778	2846	270,4	2175	1050	4,374	42,84	0,844	1511	78,1	88,5
778	2846	270,4	2175	1050	4,374	42,84	0,844	1512	78,1	88,5
781	2857	269,9	2177	1048	4,371	42,84	0,844	1510	78,1	88,5
792	2896	285,8	2177	1048	4,37	42,84	0,844	1512	78,1	88,5
785	2869	285,8	2177	1048	4,37	42,84	0,844	1510	78,1	88,6
778	2845	285,8	2183	1048	4,37	42,84	0,844	1512	78,1	88,6
768	2808	285,8	2183	1048	4,37	42,84	0,844	1511	78,1	88,5
786	2875	286,3	2187	1050	4,372	42,84	0,844	1510	78,1	88,5
774	2832	286,3	2187	1050	4,372	42,84	0,844	1510	78,1	88,5
774	2830	286,3	2187	1050	4,372	42,84	0,844	1511	78,1	88,5
766	2802	286,3	2187	1050	4,372	42,84	0,844	1512	78,1	88,5
769	2813	286,3	2187	1050	4,372	42,84	0,844	1511	78,1	88,4
768	2811	286,3	2193	1050	4,372	42,84	0,844	1511	78,1	88,4
768	2812	286,3	2193	1050	4,372	42,84	0,844	1512	78,1	88,4
773	2825	285,8	2189	1045	4,37	42,84	0,844	1512	78,1	88,4
758	2771	285,8	2189	1045	4,37	42,84	0,844	1513	78,1	88,4
772	2824	285,8	2189	1045	4,37	42,84	0,844	1511	78,1	88,4
773	2819	285,8	2177	1045	4,359	42,84	0,844	1511	78,1	88,4
774	2821	285,8	2177	1045	4,359	42,84	0,844	1513	78,1	88,4
777	2840	285,8	2171	1045	4,37	42,84	0,844	1514	78,1	88,4
776	2839	285,8	2171	1045	4,37	42,84	0,844	1514	78,1	88,4
784	2868	285,8	2171	1045	4,37	42,84	0,844	1514	78,1	88,4
789	2884	285,8	2189	1045	4,37	42,84	0,844	1513	78,1	88,4
780	2854	285,8	2189	1045	4,37	42,84	0,844	1515	78,1	88,4
779	2850	285,8	2195	1045	4,37	42,84	0,844	1513	78,1	88,4
765	2798	285,8	2195	1045	4,37	42,84	0,844	1512	78,1	88,4
769	2812	285,8	2195	1045	4,37	42,84	0,844	1513	78,1	88,5
780	2852	285,8	2183	1045	4,37	42,84	0,844	1512	78,1	88,5
775	2835	283,8	2184							
1,006	1,008	1,937	0,3386							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
6908	1	1	1	23,99	30
6896	1	1	1	23,99	30
6884	1	1	1	23,99	30
6872	1	1	1	23,99	30
6860	1	1	1	23,98	30
6849	1	1	1	23,99	30
6837	1	1	1	23,98	30
6825	1	1	1	23,99	30
6813	1	1	1	24,03	30
6801	1	1	1	24,05	30
6789	1	1	1	24,15	30
6777	1	1	1	24,2	30
6765	1	1	1	24,19	30
6752	1	1	1	24,2	30
6740	1	1	1	24,19	30
6728	1	1	1	24,19	30
6716	1	1	1	24,1	30
6704	1	1	1	24,1	30
6692	1	1	1	24,1	30
6680	1	1	1	24,1	30
6668	1	1	1	24,1	30
6656	1	1	1	24,1	30
6644	1	1	1	24,09	30
6632	1	1	1	24,1	30
6619	1	1	1	24,1	30
6607	1	1	1	24,1	30
6595	1	1	1	24,09	30
6583	1	1	1	24,1	30
6571	1	1	1	24,1	30

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: SD 17 diesel
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Diesel CHP\Øystein\7,5kw - Studentforsøk B0 basediesel mars
 Kommentar til loggingen: Prosjekt: B10 / Studentoppgave
 Test-timer: 0 / Drifts-timer: 805
 Drivstoff: Base-diesel (febr. 06)
 Røykgasstemp avlest: 122,6
 Bosch Røyktall: 0,413

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff- forbruk (g/s)	Drivstoff- forbruk (l/h)	Spes. dr.stoff- forbruk (g/kWh)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
11:18	7,5	20	0,621	2,648	305,4	26,59	27,51	56,6	84,1	7,21
11:18	7,5	20	0,607	2,589	298,9	26	28,11	56,8	84,9	7,21
11:18	7,5	20	0,607	2,589	299,2	26	28,09	58	86,1	7,27
11:18	7,5	20	0,621	2,648	306	26,59	27,46	58,5	86	7,27
11:18	7,5	20	0,614	2,618	302,6	26,29	27,77	57,8	85,5	7,43
11:19	7,5	20	0,617	2,633	304,3	26,44	27,62	57,8	85,4	7,43
11:19	7,5	20	0,631	2,692	311,1	27,03	27,01	57,9	84,9	7,3
11:19	7,5	20	0,634	2,707	312,8	27,18	26,86	56,9	83,8	7,3
11:19	7,5	20	0,641	2,736	316,3	27,48	26,57	56,5	83,1	7,36
11:19	7,5	20	0,624	2,663	307,7	26,74	27,31	55,5	82,8	7,36
11:19	7,5	20	0,624	2,663	307,6	26,74	27,32	56,9	84,2	7,34
11:19	7,5	20	0,617	2,633	304,1	26,44	27,63	56,9	84,6	7,34
11:19	7,5	20	0,614	2,618	302,2	26,29	27,8	57,6	85,4	7,31
11:19	7,5	20	0,61	2,604	300,6	26,15	27,95	58,2	86,2	7,31
11:19	7,5	20	0,624	2,663	307,5	26,74	27,33	58,6	86	7,26
11:19	7,5	20	0,631	2,692	311,2	27,03	27,01	57,3	84,3	7,26
11:19	7,5	20	0,631	2,692	311,4	27,03	26,98	56,5	83,5	7,26
11:19	7,5	20	0,641	2,736	311,4	27,03	26,98	56,6	83,6	7,28
11:19	7,5	20	0,621	2,648	316,5	27,48	26,55	56,7	83,3	7,26
11:19	7,5	20	0,628	2,677	306,2	26,59	27,45	55,8	83,3	7,26
11:19	7,5	20	0,614	2,618	309,7	26,89	27,13	56,9	84	7,21
11:19	7,5	20	0,607	2,589	303,1	26,29	27,72	56,2	84	7,21
11:19	7,5	20	0,597	2,545	300	26	28,02	58	86	7,32
11:19	7,5	20	0,603	2,574	295,1	25,56	28,48	58,6	87,1	7,32
11:19	7,5	20	0,624	2,663	298,3	25,85	28,17	60,4	88,6	7,35
11:19	7,5	20	0,614	2,618	308,3	26,74	27,26	59,8	87,1	7,35
11:19	7,5	20	0,621	2,648	303	26,29	27,73	57,8	85,6	7,21
11:19	7,5	20	0,61	2,604	306,3	26,59	27,44	58,3	85,7	7,21
11:19	7,5	20	0,614	2,618	301,3	26,15	27,89	56,8	84,7	7,3
11:19										
Middel:	7,5	20	0,619	2,642	305,8	26,56	27,49	57,5	84,9	7,29
St.avvik:	0	0	1,763	1,763	1,761	1,786	1,758	1,937	1,62	0,851

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til kjølev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)	
7,32	15,04	1	190	190	304	336	2,45	16,68	2,3	12,2	7,99
7,31	15,09	1	190	190	304	336	2,45	16,68	2,303	12,22	8
7,3	15,09	1	190	190	303	336	2,45	16,68	2,254	11,92	7,83
7,3	15,22	1	190	190	303	336	2,45	16,68	2,254	11,92	7,83
7,3	15,36	1	190	190	303	336	2,45	16,68	2,305	12,19	8,01
7,3	15,36	1	190	190	302	336	2,45	16,68	2,279	12,01	7,92
7,3	15,31	1	190	190	302	336	2,45	16,68	2,292	12,08	7,96
7,3	15,39	1	190	190	301	336	2,45	16,68	2,343	12,31	8,14
7,3	15,37	1	190	190	301	336	2,45	16,68	2,357	12,38	8,19
7,3	15,24	1	190	190	301	336	2,45	16,68	2,382	12,51	8,27
7,3	15,21	1	190	190	301	336	2,45	16,68	2,317	12,17	8,05
7,31	15,23	1	190	190	301	336	2,45	16,68	2,316	12,17	8,05
7,31	15,22	1	190	190	301	336	2,45	16,68	2,289	12,02	7,95
7,31	15,31	1	190	190	302	336	2,45	16,68	2,277	12	7,91
7,31	15,33	1	190	190	302	336	2,45	16,68	2,265	11,94	7,87
7,3	15,31	1	200	200	302	336	2,45	16,68	2,439	12,21	8,05
7,29	15,27	1	200	200	302	336	2,45	16,68	2,468	12,36	8,14
7,3	15,31	1	200	200	301	337	2,45	16,68	2,467	12,31	8,17
7,3	15,33	1	200	200	301	337	2,45	16,68	2,507	12,51	8,3
7,29	15,34	1	200	200	301	337	2,45	16,68	2,428	12,11	8,04
7,29	15,13	1	200	200	303	337	2,45	16,68	2,456	12,34	8,13
7,28	15,12	1	190	190	303	337	2,45	16,68	2,285	12,08	7,96
7,28	15,25	1	190	190	303	336	2,46	16,67	2,253	11,91	7,82
7,28	15,24	1	190	190	303	336	2,46	16,67	2,213	11,7	7,69
7,29	15,44	1	190	190	303	336	2,46	16,66	2,235	11,82	7,76
7,29	15,46	1	190	190	303	336	2,46	16,66	2,311	12,22	8,03
7,3	15,46	1	190	190	303	336	2,46	16,66	2,272	12,01	7,89
7,29	15,33	1	190	190	303	336	2,46	16,66	2,298	12,15	7,98
7,29	15,09	1	190	190	304	337	2,46	16,66	2,26	11,99	7,87
7,3	15,27	1	192,1	192,1	302,3	336,2	2,452	16,68	2,325	12,13	7,99
0,1199	0,75	0	2,146	2,146	0,3413	0,1226	0,1776	0,0468	3,419	1,623	1,834

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i diesel (MJ/kg)	Tetthet på diesel (kg/dm3)	Kjølevanns- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)
916	4532	383,1	2248	1581	5,53	42,84	0,844	1507	78,8	87,4
916	4536	383,1	2248	1581	5,53	42,84	0,844	1509	78,8	87,4
897	4440	383,1	2240	1581	5,53	42,84	0,844	1509	78,8	87,4
897	4440	383,1	2240	1581	5,53	42,84	0,844	1509	78,8	87,4
917	4541	383,1	2240	1581	5,53	42,84	0,844	1509	78,8	87,5
907	4490	383,1	2233	1581	5,53	42,84	0,844	1506	78,8	87,5
912	4515	383,1	2233	1581	5,53	42,84	0,844	1510	78,8	87,5
933	4617	383,1	2226	1581	5,53	42,84	0,844	1509	78,8	87,5
938	4643	383,1	2226	1581	5,53	42,84	0,844	1508	78,7	87,4
948	4692	383,1	2226	1581	5,53	42,84	0,844	1507	78,7	87,4
922	4565	383,1	2226	1581	5,53	42,84	0,844	1509	78,7	87,4
922	4563	383,1	2226	1581	5,53	42,84	0,844	1509	78,7	87,4
911	4510	383,1	2226	1581	5,53	42,84	0,844	1508	78,7	87,4
906	4486	383,1	2233	1581	5,53	42,84	0,844	1509	78,7	87,4
901	4462	383,1	2233	1581	5,53	42,84	0,844	1507	78,7	87,4
922	4565	403,3	2233	1581	5,53	42,84	0,844	1506	78,7	87,4
933	4619	403,3	2233	1581	5,53	42,84	0,844	1508	78,7	87,4
933	4618	403,3	2226	1586	5,53	42,84	0,844	1508	78,7	87,4
948	4692	403,3	2226	1586	5,53	42,84	0,844	1509	78,7	87,4
918	4544	403,3	2226	1586	5,53	42,84	0,844	1506	78,7	87,3
929	4597	403,3	2240	1586	5,53	42,84	0,844	1508	78,7	87,3
909	4501	383,1	2240	1586	5,53	42,84	0,844	1510	78,7	87,4
900	4435	382,2	2235	1577	5,51	42,84	0,844	1508	78,7	87,4
884	4356	382,2	2235	1577	5,51	42,84	0,844	1509	78,7	87,5
893	4398	381,3	2230	1573	5,51	42,84	0,844	1509	78,7	87,5
923	4547	381,3	2230	1573	5,51	42,84	0,844	1509	78,7	87,5
908	4469	381,3	2230	1573	5,51	42,84	0,844	1510	78,7	87,4
918	4521	381,3	2230	1573	5,51	42,84	0,844	1507	78,7	87,3
903	4447	381,3	2237	1578	5,51	42,84	0,844	1508	78,7	87,3
916	4529	386,9	2233							
1,718	1,82	2,206	0,3015							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
36440	0	1	1	23,41	30
36435	0	1	1	23,31	30
36430	0	1	1	23,31	30
36425	0	1	1	23,31	30
36420	0	1	1	23,32	30
36415	0	1	1	23,32	30
36411	0	1	1	23,32	30
36406	0	1	1	23,31	30
36401	0	1	1	23,32	30
36396	0	1	1	23,32	30
36391	0	1	1	23,32	30
36386	0	1	1	23,32	30
36381	0	1	1	23,32	30
36376	0	1	1	23,32	30
36371	0	1	1	23,31	30
36366	0	1	1	23,31	30
36361	0	1	1	23,32	30
36357	0	1	1	23,32	30
36352	0	1	1	23,33	30
36347	0	1	1	23,33	30
36342	0	1	1	23,42	30
36337	0	1	1	23,42	30
36332	0	1	1	23,37	30
36327	0	1	1	23,36	30
36322	0	1	1	23,36	30
36317	0	1	1	23,37	30
36313	0	1	1	23,37	30
36308	0	1	1	23,37	30
36303	0	1	1	23,38	30

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: SD 17 diesel
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Diesel CHP\Øystein\4,3kw - Studentforsøk B0 basediesel mars
 Kommentar til loggingen: Prosjekt: B10 / Studentoppgave
 Test-timer: 0 / Drifts-timer: 805
 Drivstoff: Base-diesel (febr. 06)
 Røykgasstemp avlest: 108,5
 Bosch Røyktall: 0,217

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff-forbruk (g/s)	Drivstoff-forbruk (l/h)	Spes. dr.stoff-forbruk (g/kWh)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
11:08	4,3	20	0,4379	1,868	369	18,76	22,78	67,6	90,4	4,22
11:08	4,3	20	0,4483	1,912	369	18,76	22,78	67,5	90,4	4,203
11:08	4,3	20	0,4483	1,912	377,8	19,2	22,24	66	89,8	4,203
11:08	4,3	20	0,4517	1,927	377,8	19,2	22,24	66	88,2	4,177
11:08	4,3	20	0,4517	1,927	380,7	19,35	22,07	65,6	88,1	4,177
11:08	4,3	20	0,459	1,956	381,1	19,35	22,05	65,6	87,6	4,185
11:08	4,3	20	0,455	1,942	387,3	19,65	21,7	64,7	87,3	4,185
11:08	4,3	20	0,466	1,986	384,5	19,5	21,86	65,2	86,6	4,262
11:08	4,3	20	0,459	1,956	393,3	19,94	21,37	63,7	86,6	4,262
11:08	4,3	20	0,4517	1,927	387,8	19,65	21,67	64,6	85,4	4,208
11:08	4,3	20	0,4517	1,927	382,2	19,35	21,99	65,7	86,6	4,208
11:08	4,3	20	0,4483	1,912	382,4	19,35	21,98	65,6	87,7	4,22
11:08	4,3	20	0,4483	1,912	379,6	19,2	22,14	66,2	87,8	4,361
11:08	4,3	20	0,459	1,956	379,7	19,2	22,13	66,3	88,3	4,361
11:08	4,3	20	0,462	1,971	388,1	19,65	21,65	64,7	87,9	4,361
11:08	4,3	20	0,4448	1,898	390,7	19,8	21,51	64,2	86,3	4,341
11:08	4,3	20	0,462	1,971	376,1	19,06	22,34	66,7	86,6	4,341
11:09	4,3	20	0,459	1,956	390,7	19,8	21,51	64,2	88,2	4,341
11:09	4,3	20	0,4483	1,912	387,8	19,65	21,67	64,6	85,9	4,24
11:09	4,3	20	0,455	1,942	378,8	19,2	22,18	66,1	86,8	4,24
11:09	4,3	20	0,4448	1,898	384,6	19,5	21,85	65,2	87,9	4,24
11:09	4,3	20	0,4379	1,868	376,1	19,06	22,34	66,7	87,6	4,293
11:09	4,3	20	0,4483	1,912	370,3	18,76	22,69	67,7	89,4	4,293
11:09	4,3	20	0,459	1,956	378,9	19,2	22,18	66,1	89,8	4,268
11:09	4,3	20	0,469	2,001	387,5	19,65	21,69	64,7	87,8	4,268
11:09	4,3	20	0,466	1,986	396,5	20,09	21,19	63,3	85,9	4,315
11:09	4,3	20	0,4448	1,898	393,8	19,94	21,34	63,8	84,7	4,315
11:09	4,3	20	0,462	1,971	376	19,06	22,35	66,7	86,1	4,258
11:09	4,3	20	0,459	1,956	390,3	19,8	21,53	64,1	88,2	4,258
11:09										
Middel:	4,3	20	0,454	1,935	382,7	19,4	21,97	65,5	87,6	4,262
St.avvik:	0	0	1,766	1,766	1,918	1,868	1,923	1,819	1,663	1,399

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til køllev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)	
4,273	12,69	1	180	180	223	360	1,83	17,77	3,518	14,45	13,9
4,271	12,67	1	180	180	223	360	1,83	17,77	3,519	14,46	13,9
4,271	12,67	1	180	180	223	360	1,84	17,76	3,584	14,72	14,16
4,271	12,68	1	180	180	223	360	1,84	17,76	3,584	14,72	14,16
4,267	12,69	1	180	180	223	359	1,84	17,76	3,615	14,85	14,24
4,263	12,7	1	170	170	223	359	1,84	17,76	3,419	14,87	14,26
4,262	12,71	1	170	170	224	359	1,84	17,76	3,472	15,17	14,48
4,261	12,71	1	170	170	224	359	1,84	17,76	3,447	15,06	14,38
4,258	12,7	1	170	170	223	359	1,83	17,77	3,546	15,42	14,79
4,255	12,7	1	170	170	223	359	1,83	17,77	3,496	15,21	14,58
4,253	12,71	1	170	170	223	359	1,83	17,77	3,445	14,98	14,37
4,251	12,7	1	170	170	223	359	1,83	17,77	3,446	14,99	14,38
4,25	12,7	1	180	180	223	359	1,83	17,77	3,62	14,87	14,26
4,254	12,73	1	180	180	223	359	1,83	17,77	3,617	14,86	14,25
4,257	12,72	1	180	180	223	359	1,83	17,77	3,698	15,19	14,57
4,258	12,71	1	180	180	223	359	1,83	17,77	3,725	15,3	14,68
4,257	12,71	1	170	170	224	359	1,83	17,77	3,389	14,81	14,14
4,257	12,71	1	170	170	224	359	1,83	17,77	3,52	15,38	14,69
4,26	12,69	1	170	170	224	359	1,83	17,77	3,491	15,25	14,56
4,26	12,69	1	170	170	224	358	1,83	17,77	3,413	14,91	14,2
4,257	12,72	1	170	170	224	358	1,83	17,77	3,468	15,15	14,43
4,257	12,7	1	170	170	224	357	1,83	17,77	3,389	14,81	14,06
4,259	12,69	1	170	170	224	357	1,83	17,77	3,335	14,57	13,84
4,261	12,7	1	180	180	224	357	1,83	17,77	3,612	14,9	14,15
4,258	12,71	1	180	180	224	357	1,83	17,77	3,697	15,26	14,48
4,256	12,72	1	180	180	224	359	1,84	17,76	3,763	15,53	14,83
4,259	12,72	1	180	180	224	359	1,84	17,76	3,733	15,4	14,71
4,262	12,7	1	180	180	224	359	1,84	17,76	3,564	14,71	14,04
4,261	12,69	1	180	180	224	359	1,83	17,77	3,722	15,36	14,66
4,26	12,7	1	175,2	175,2	223,5	358,8	1,833	17,77	3,547	15,01	14,35
0,1383	0,1151	0	2,903	2,903	0,2275	0,24	0,2568	0,0265	3,329	1,966	1,92

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i diesel (MJ/kg)	Tetthet på diesel (kg/dm3)	Kjølevanns- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)
1110	7836	489	2223	2284	7,42	42,84	0,844	1507	79,1	86,3
1110	7840	489	2223	2284	7,42	42,84	0,844	1505	79,1	86,3
1137	7979	488	2216	2276	7,38	42,84	0,844	1505	79,1	86,3
1137	7980	488	2216	2276	7,38	42,84	0,844	1506	79,1	86,3
1147	8049	488	2216	2270	7,38	42,84	0,844	1506	79,1	86,3
1149	8061	461	2216	2270	7,38	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1166	8186	461	2226	2270	7,38	42,84	0,844	1511	79,1	86,3
1158	8126	461	2226	2270	7,38	42,84	0,844	1510	79,1	86,3
1185	8364	462	2223	2277	7,42	42,84	0,844	1509	79,1	86,3
1168	8247	462	2223	2277	7,42	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1151	8126	462	2223	2277	7,42	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1151	8129	462	2223	2277	7,42	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1142	8065	489	2223	2277	7,42	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1141	8057	489	2223	2277	7,42	42,84	0,844	1511	79,1	86,3
1167	8237	489	2223	2277	7,42	42,84	0,844	1510	79,1	86,3
1175	8299	489	2223	2277	7,42	42,84	0,844	1509	79,1	86,3
1132	7994	462	2233	2277	7,42	42,84	0,844	1509	79,1	86,3
1176	8304	462	2233	2277	7,42	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1166	8236	462	2233	2277	7,42	42,84	0,844	1506	79,1	86,3
1140	8051	462	2233	2271	7,42	42,84	0,844	1507	79,1	86,3
1159	8180	462	2233	2271	7,42	42,84	0,844	1511	79,1	86,3
1132	7995	462	2233	2265	7,42	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1114	7868	462	2233	2265	7,42	42,84	0,844	1507	79,1	86,3
1140	8046	489	2233	2265	7,42	42,84	0,844	1507	79,1	86,3
1167	8237	489	2233	2265	7,42	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1194	8379	488	2226	2270	7,38	42,84	0,844	1510	79,1	86,3
1184	8311	488	2226	2270	7,38	42,84	0,844	1510	79,1	86,3
1131	7936	488	2226	2270	7,38	42,84	0,844	1509	79,1	86,3
1174	8291	489	2233	2277	7,42	42,84	0,844	1508	79,1	86,3
1152	8117	476	2226							
1,929	1,915	2,877	0,2661							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
40062	0	1	1	23,16	30
40055	0	1	1	23,17	30
40047	0	1	1	23,17	30
40040	0	1	1	23,16	30
40032	0	1	1	23,21	30
40025	0	1	1	23,27	30
40017	0	1	1	23,27	30
40010	0	1	1	23,27	30
40002	0	1	1	23,27	30
39995	0	1	1	23,27	30
39987	0	1	1	23,27	30
39980	0	1	1	23,27	30
39972	0	1	1	23,26	30
39965	0	1	1	23,27	30
39957	0	1	1	23,37	30
39950	0	1	1	23,37	30
39942	0	1	1	23,37	30
39935	0	1	1	23,37	30
39927	0	1	1	23,37	30
39920	0	1	1	23,36	30
39912	0	1	1	23,37	30
39905	0	1	1	23,37	30
39897	0	1	1	23,31	30
39890	0	1	1	23,32	30
39882	0	1	1	23,32	30
39875	0	1	1	23,32	30
39867	0	1	1	23,32	30
39860	0	1	1	23,32	30
39852	0	1	1	23,33	30

18 VEDLEGG 3 LOGG MÅLERESULTAT NATURGASS MONGSTAD

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: Toyota gass
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Måledata Toyota\Øystein\13,5kW - Toyota Naturgass Studentoppgave
 Kommentar til loggingen: Test for: Stud. oppgave
 Gasstype: NG Febr. 07
 Avgasstemp.: 93,1 gr.C
 Brennverdi Net CV: 35,73 MJ/kg

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff- forbruk (g/s)	Drivstoff- forbruk (nm3/h)	Spes. dr.stoff- forbruk (g/kWh)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
16:27	13,5	25	0,868	4,341	236,4	43,08	30,69	61,2	92,1	12,86
16:27	13,5	25	0,868	4,341	236,6	43,08	30,66	61,2	91,9	13,28
16:27	13,5	25	0,865	4,326	235,6	42,93	30,79	60,8	91,6	13,28
16:27	13,5	25	0,858	4,292	233,6	42,6	31,05	61,6	91,6	13,65
16:27	13,5	25	0,86	4,299	233,6	42,6	31,05	61,6	91,6	13,65
16:27	13,5	25	0,865	4,326	234,7	42,94	30,9	61,4	92,3	13,23
16:27	13,5	25	0,87	4,351	236	43,19	30,74	60,7	92,3	13,23
16:27	13,5	25	0,867	4,337	235,2	43,05	30,85	61	92,3	12,73
16:27	13,5	25	0,861	4,306	235,2	43,05	30,85	60,9	91,8	12,73
16:27	13,5	25	0,86	4,3	233,8	42,68	31,03	61,4	91,8	13,3
16:27	13,5	25	0,865	4,327	234,9	42,95	30,88	61,1	92	13,3
16:27	13,5	25	0,871	4,355	236,1	43,22	30,73	60,6	92	13,39
16:27	13,5	25	0,868	4,339	235	43,06	30,87	60,6	91,4	13,39
16:27	13,5	25	0,862	4,309	233,2	42,77	31,1	60,9	91,5	13,25
16:27	13,5	25	0,86	4,298	232,7	42,65	31,18	61,5	92,7	13,25
16:27	13,5	25	0,863	4,313	233,5	42,81	31,06	61,3	92,3	13,16
16:27	13,5	25	0,87	4,348	235,5	43,15	30,8	61,3	92,3	13,16
16:27	13,5	25	0,866	4,331	234,7	42,99	30,9	60,8	91,6	13,37
16:27	13,5	25	0,86	4,302	234,7	42,69	30,9	61,4	91,7	13,37
16:27	13,5	25	0,859	4,296	232,7	42,64	31,18	61,4	91,7	13,35
16:27	13,5	25	0,863	4,316	233,8	42,83	31,03	61,2	92,6	13,35
16:27	13,5	25	0,869	4,344	235,3	43,11	30,83	60,4	91,8	13,51
16:27	13,5	25	0,868	4,34	235,3	43,08	30,83	60,4	91,2	13,51
16:27	13,5	25	0,861	4,306	235,1	42,73	30,86	60,4	91,2	13,38
16:27	13,5	25	0,859	4,296	233,2	42,73	31,11	60,9	91,8	13,38
16:27	13,5	25	0,864	4,322	232,6	42,63	31,19	61,1	92,3	12,95
16:27	13,5	25	0,87	4,352	234	42,9	31	61,1	92,1	12,95
16:27	13,5	25	0,87	4,348	236	43,15	30,74	60,2	91	12,93
16:27	13,5	25	0,862	4,31	234,3	42,78	30,96	60,4	91,3	12,93
16:27										
Middel:	13,5	25	0,865	4,323	234,6	42,9	30,92	61	91,9	13,24
St.avvik:	0	0	0,47	0,47	0,495	0,465	0,495	0,657	0,472	1,848

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til kølev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)
13,22	26,19	1	1180	221	373	7,99	6,9	3,465	2,152	1,91
13,21	26,19	1	1180	216	373	7,99	6,9	3,492	2,119	1,925
13,22	26,21	1	1180	216	373	7,99	6,9	3,492	2,119	1,925
13,23	26,23	1	1180	209	373	7,99	6,9	3,475	2,041	1,916
13,25	26,23	1	1180	209	373	7,99	6,9	3,442	2,022	1,898
13,27	26,21	1	1180	209	373	7,99	6,89	3,441	2,021	1,897
13,27	26,23	1	1180	209	373	7,99	6,89	3,462	2,033	1,908
13,28	26,24	1	1160	209	373	7,99	6,9	3,424	2,045	1,92
13,26	26,22	1	1160	212	372	7,99	6,9	3,413	2,068	1,909
13,24	26,2	1	1160	212	372	7,99	6,9	3,397	2,059	1,9
13,26	26,23	1	1160	213	373	7,99	6,9	3,393	2,066	1,903
13,28	26,21	1	1180	213	373	7,99	6,9	3,484	2,085	1,921
13,3	26,21	1	1180	213	373	7,99	6,9	3,469	2,076	1,912
13,3	26,23	1	1180	213	373	7,99	6,9	3,469	2,076	1,912
13,3	26,23	1	1180	213	373	7,99	6,9	3,442	2,06	1,898
13,29	26,23	1	1180	216	372	7,99	6,91	3,45	2,094	1,897
13,29	26,26	1	1180	216	372	7,99	6,91	3,45	2,094	1,897
13,29	26,23	1	1180	216	372	7,99	6,9	3,477	2,111	1,912
13,29	26,23	1	1170	216	373	7,99	6,9	3,434	2,102	1,909
13,3	26,23	1	1170	216	373	7,99	6,9	3,409	2,087	1,896
13,29	26,08	1	1170	216	373	7,99	6,9	3,405	2,084	1,893
13,29	26,05	1	1170	216	373	7,99	6,9	3,422	2,095	1,902
13,29	26,03	1	1170	216	373	7,99	6,9	3,444	2,108	1,915
13,29	26,03	1	1180	218	373	7,99	6,9	3,469	2,125	1,912
13,3	26,04	1	1180	218	373	7,99	6,9	3,441	2,108	1,897
13,3	26,03	1	1180	219	373	7,99	6,9	3,432	2,112	1,892
13,28	26,03	1	1180	219	373	7,99	6,9	3,453	2,125	1,904
13,24	26,02	1	1180	219	373	7,99	6,91	3,484	2,144	1,921
13,22	26,05	1	1180	219	373	7,99	6,91	3,484	2,144	1,921
13,27	26,17	1	1176	214,7	372,8	7,99	6,9	3,449	2,089	1,908
0,2216	0,3369	0	0,626	1,632	0,1031	0	0,0663	0,834	1,717	0,53

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i gass (MJ/m3)	Tetthet på gass (kg/m3)	Kjølevanns- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)	
	643	403,7	956	493	529	1,412	35,73	0,72	1821	79,9	92,2
	648	406,8	956	481	529	1,412	35,73	0,72	1822	79,9	92,2
	648	406,8	956	481	529	1,412	35,73	0,72	1823	79,9	92,2
	645	404,9	956	466	529	1,412	35,73	0,72	1824	79,9	92,2
	639	401	956	466	529	1,412	35,73	0,72	1825	79,9	92,2
	638	400,3	956	465	529	1,412	35,73	0,72	1824	79,9	92,2
	642	402,7	956	465	529	1,412	35,73	0,72	1824	79,9	92,2
	646	405,8	940	466	529	1,413	35,73	0,72	1826	79,9	92,2
	644	404,5	940	472	528	1,413	35,73	0,72	1825	79,9	92,2
	641	402,6	940	472	528	1,413	35,73	0,72	1824	79,9	92,3
	640	402,1	940	475	529	1,413	35,73	0,72	1825	79,9	92,2
	646	405,9	956	475	529	1,412	35,73	0,72	1826	79,9	92,2
	644	404,1	956	475	529	1,412	35,73	0,72	1824	79,9	92,3
	644	404,1	956	475	529	1,412	35,73	0,72	1825	79,9	92,3
	639	401	956	475	529	1,412	35,73	0,72	1827	79,9	92,2
	640	402,5	957	482	528	1,413	35,73	0,72	1826	79,9	92,3
	640	402,5	957	482	528	1,413	35,73	0,72	1828	79,9	92,3
	645	405,1	956	481	528	1,412	35,73	0,72	1824	79,9	92,3
	643	403,5	948	481	529	1,412	35,73	0,72	1825	79,9	92,3
	638	400,6	948	481	529	1,412	35,73	0,72	1824	80	92,3
	637	400,1	948	481	529	1,412	35,73	0,72	1825	80	92,3
	640	402	948	481	529	1,412	35,73	0,72	1824	80	92,3
	644	404,7	948	481	529	1,412	35,73	0,72	1823	80	92,3
	644	404,2	956	486	529	1,412	35,73	0,72	1823	80	92,3
	638	400,9	956	486	529	1,412	35,73	0,72	1823	80	92,3
	637	399,9	956	488	529	1,412	35,73	0,72	1823	80	92,3
	641	402,3	956	488	529	1,412	35,73	0,72	1821	80	92,3
	646	406,5	957	488	529	1,413	35,73	0,72	1820	80	92,3
	646	406,5	957	488	529	1,413	35,73	0,72	1824	80	92,3
	642	403,4	953	479							
	0,517	0,533	0,63	1,648							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
37373	0	1	1	23,73	30
37373	0	1	1	23,72	30
37374	0	1	1	23,72	30
37375	0	1	1	23,73	30
37377	0	1	1	23,72	30
37379	0	1	1	23,73	30
37380	0	1	1	23,74	30
37381	0	1	1	23,74	30
37382	0	1	1	23,74	30
37382	0	1	1	23,74	30
37383	0	1	1	23,74	30
37385	0	1	1	23,74	30
37386	0	1	1	23,74	30
37387	0	1	1	23,74	30
37387	0	1	1	23,74	30
37389	0	1	1	23,74	30
37390	0	1	1	23,74	30
37391	0	1	1	23,74	30
37392	0	1	1	23,74	30
37392	0	1	1	23,74	30
37393	0	1	1	23,75	30
37394	0	1	1	23,75	30
37396	0	1	1	23,75	30
37396	0	1	1	23,75	30
37396	0	1	1	23,75	30
37397	0	1	1	23,74	30
37398	0	1	1	23,74	30
37400	0	1	1	23,74	30
37401	0	1	1	23,75	30

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: Toyota gass
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Måledata Toyota\Øystein\10,5kW - toyota Naturgass Studentoppgave
 Kommentar til loggingen: Test for: Stud. oppgave
 Gasstype: NG Febr. 07
 Avgasstemp.: 86,4 gr.C
 Brennverdi Net CV: 35,73 MJ/kg

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff- forbruk (g/s)	Drivstoff- forbruk (nm3/h)	Spes. dr.stoff- forbruk (g/kWt)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
16:15	10,5	25	0,707	3,535	258,6	35,04	28,06	63,6	91,8	10,24
16:15	10,5	25	0,707	3,535	258,6	35,09	28,05	63,4	91,7	9,91
16:15	10,5	25	0,709	3,545	259,1	35,18	28	63,3	91,4	9,91
16:15	10,5	25	0,706	3,53	257,8	35,03	28,14	63,7	91,4	9,65
16:15	10,5	25	0,709	3,543	259,1	35,17	28	63,3	91,8	9,65
16:15	10,5	25	0,711	3,554	260,3	35,28	27,87	63,4	91,2	10,13
16:15	10,5	25	0,705	3,526	257,8	35	28,14	63	91,2	10,13
16:15	10,5	25	0,704	3,519	256,9	34,92	28,24	63,8	91,3	9,74
16:15	10,5	25	0,703	3,515	256,6	34,88	28,27	63,8	91,3	9,74
16:15	10,5	25	0,706	3,532	257,9	35,06	28,13	64,3	92,1	10,15
16:15	10,5	25	0,707	3,535	257,8	35,09	28,14	64,5	92,6	10,15
16:15	10,5	25	0,707	3,533	257,4	35,06	28,18	64,3	92,5	10,18
16:15	10,5	25	0,706	3,53	256,8	35,04	28,25	64,3	92,5	10,18
16:15	10,5	25	0,707	3,537	256,8	35,11	28,25	64,3	92,6	9,87
16:15	10,5	25	0,707	3,536	256,8	35,09	28,25	64,4	92,6	9,87
16:15	10,5	25	0,707	3,535	256,8	35,09	28,25	64,3	92,6	9,98
16:15	10,5	25	0,708	3,539	256,8	35,09	28,25	64,3	92,6	9,98
16:15	10,5	25	0,706	3,531	256,9	35,13	28,24	64,2	92,5	9,76
16:15	10,5	25	0,704	3,522	256,1	35,05	28,32	64,1	92,4	9,76
16:15	10,5	25	0,708	3,538	256,4	35,11	28,29	63,9	92,2	10,23
16:16	10,5	25	0,707	3,533	255,8	35,07	28,36	63,6	92	10,23
16:16	10,5	25	0,706	3,532	255,4	35,06	28,41	63,6	92	9,82
16:16	10,5	25	0,706	3,532	255,4	35,06	28,4	63,7	92	9,82
16:16	10,5	25	0,707	3,535	255,6	35,09	28,38	64	92	10,11
16:16	10,5	25	0,704	3,519	254,1	34,93	28,55	64	92,5	10,11
16:16	10,5	25	0,708	3,54	255,2	35,13	28,42	64,3	92,5	9,21
16:16	10,5	25	0,706	3,529	254,9	35,02	28,46	64	92,4	9,21
16:16	10,5	25	0,707	3,534	255,8	35,08	28,35	64,1	92,6	9,82
16:16	10,5	25	0,708	3,542	255,8	35,08	28,35	64,1	92,6	9,82
16:16	10,5	25	0,71	3,549	257,6	35,23	28,16	63,7	92,3	10,19
Middel:	10,5	25	0,707	3,534	256,9	35,07	28,24	63,9	92,1	9,92
St.avvik:	0	0	0,2433	0,2433	0,542	0,2319	0,541	0,613	0,535	2,712

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til kølev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)
9,84	22,26	1	1310	100	407	7,82	7,2	4,3	1,088	2,336
9,85	22,26	1	1310	100	407	7,82	7,2	4,3	1,088	2,336
9,85	22,26	1	1320	100	407	7,82	7,2	4,336	1,089	2,338
9,86	22,3	1	1320	100	407	7,82	7,2	4,344	1,091	2,343
9,85	22,28	1	1320	102	407	7,82	7,2	4,331	1,11	2,336
9,83	22,28	1	1320	102	407	7,82	7,2	4,354	1,116	2,348
9,86	22,24	1	1320	102	407	7,82	7,2	4,327	1,109	2,333
9,86	22,27	1	1320	102	407	7,82	7,2	4,327	1,109	2,333
9,86	22,26	1	1320	102	407	7,82	7,2	4,311	1,104	2,324
9,87	22,53	1	1310	101	408	7,82	7,21	4,297	1,098	2,34
9,88	22,62	1	1310	101	408	7,82	7,21	4,296	1,098	2,34
9,9	22,57	1	1310	101	408	7,82	7,21	4,296	1,098	2,34
9,9	22,57	1	1310	101	408	7,82	7,21	4,282	1,095	2,332
9,92	22,59	1	1310	101	408	7,82	7,2	4,277	1,093	2,329
9,92	22,6	1	1320	100	408	7,82	7,2	4,31	1,083	2,33
9,91	22,58	1	1320	100	408	7,82	7,2	4,308	1,082	2,329
9,92	22,58	1	1320	99	408	7,82	7,2	4,306	1,071	2,327
9,93	22,51	1	1320	99	408	7,82	7,2	4,308	1,071	2,329
9,93	22,51	1	1320	99	408	7,82	7,2	4,296	1,068	2,322
9,95	22,33	1	1300	98	407	7,82	7,2	4,239	1,06	2,321
9,95	22,34	1	1300	98	407	7,82	7,2	4,239	1,06	2,321
9,96	22,3	1	1300	101	407	7,82	7,19	4,227	1,089	2,314
9,96	22,33	1	1300	101	407	7,82	7,19	4,22	1,087	2,31
9,96	22,44	1	1300	101	407	7,83	7,19	4,219	1,087	2,31
9,99	22,45	1	1300	104	407	7,83	7,19	4,216	1,118	2,308
9,99	22,46	1	1300	104	407	7,83	7,19	4,191	1,112	2,294
9,97	22,47	1	1320	103	407	7,82	7,2	4,291	1,11	2,314
9,95	22,46	1	1320	103	407	7,82	7,2	4,286	1,109	2,311
9,93	22,46	1	1320	103	407	7,82	7,21	4,301	1,113	2,319
9,92	22,43	1	1320	100	407	7,82	7,21	4,325	1,086	2,332
9,91	22,42	1	1313	100,9	407,3	7,82	7,2	4,289	1,093	2,327
0,461	0,574	0	0,637	1,56	0,1177	0,03901	0,0854	0,984	1,486	0,533

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i gass (MJ/m3)	Tetthet på gass (kg/m3)	Kjølevannss- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)	
	705	472	1085	227,8	590	1,437	35,73	0,72	1821	80,1	90,7
	705	472	1085	227,8	590	1,437	35,73	0,72	1821	80,1	90,7
	706	472	1093	227,8	590	1,437	35,73	0,72	1821	80,1	90,7
	707	473	1093	227,8	590	1,437	35,73	0,72	1823	80,1	90,7
	705	472	1093	232,3	590	1,437	35,73	0,72	1821	80,1	90,7
	709	474	1093	232,3	590	1,437	35,73	0,72	1820	80,1	90,7
	704	471	1093	232,3	590	1,437	35,73	0,72	1819	80,1	90,7
	704	471	1093	232,3	590	1,437	35,73	0,72	1820	80,1	90,7
	702	470	1093	232,3	590	1,437	35,73	0,72	1818	80,1	90,7
	705	472	1086	230,2	592	1,438	35,73	0,72	1818	80	90,7
	705	472	1086	230,2	592	1,438	35,73	0,72	1821	80	90,7
	705	472	1086	230,2	592	1,438	35,73	0,72	1819	80	90,6
	702	471	1086	230,2	592	1,438	35,73	0,72	1821	80	90,7
	701	470	1085	230	591	1,437	35,73	0,72	1821	80	90,7
	702	470	1093	227,8	591	1,437	35,73	0,72	1821	80	90,7
	701	470	1093	227,8	591	1,437	35,73	0,72	1820	80	90,6
	701	469	1093	225,5	591	1,437	35,73	0,72	1819	80	90,6
	701	469	1093	225,5	591	1,437	35,73	0,72	1818	80	90,7
	699	468	1093	225,5	591	1,437	35,73	0,72	1819	80,1	90,7
	701	469	1077	223,2	590	1,437	35,73	0,72	1820	80,1	90,7
	701	469	1077	223,2	590	1,437	35,73	0,72	1821	80,1	90,7
	699	467	1076	229,9	589	1,437	35,73	0,72	1819	80,1	90,6
	697	466	1076	229,9	589	1,437	35,73	0,72	1821	80,1	90,6
	698	466	1076	229,9	589	1,436	35,73	0,72	1821	80	90,6
	698	466	1076	236,7	589	1,436	35,73	0,72	1821	80	90,7
	694	463	1076	236,7	589	1,436	35,73	0,72	1821	80	90,6
	699	468	1093	234,6	590	1,437	35,73	0,72	1822	80	90,6
	698	467	1093	234,6	590	1,437	35,73	0,72	1821	80	90,6
	700	469	1094	234,8	590	1,438	35,73	0,72	1821	80	90,6
	704	472	1094	227,9	590	1,438	35,73	0,72	1822	80	90,6
	702	470	1087	229,9							
	0,488	0,563	0,658	1,552							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
37670	0	1	1	23,29	30
37667	0	1	1	23,29	30
37664	0	1	1	23,3	30
37661	0	1	1	23,29	30
37661	0	1	1	23,29	30
37655	0	1	1	23,18	30
37652	0	1	1	23,18	30
37649	0	1	1	23,12	30
37646	0	1	1	23,12	30
37643	0	1	1	23,12	30
37641	0	1	1	23,11	30
37638	0	1	1	23,11	30
37638	0	1	1	23,11	30
37636	0	1	1	23,11	30
37633	0	1	1	23,11	30
37630	0	1	1	23,18	30
37625	0	1	1	23,18	30
37625	0	1	1	23,18	30
37622	0	1	1	23,18	30
37617	0	1	1	23,18	30
37614	0	1	1	23,18	30
37614	0	1	1	23,19	30
37608	0	1	1	23,19	30
37608	0	1	1	23,19	30
37605	0	1	1	23,19	30
37603	0	1	1	23,19	30
37600	0	1	1	23,2	30
37597	0	1	1	23,2	30
37592	0	1	1	23,2	30
37589	0	1	1	23,2	30

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: Toyota gass
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Måledata Toyota\Øystein\7,5kW - Toyota Naturgass Studentoppgave
 Kommentar til loggingen: Test for: Stud. oppgave
 Gasstype: NG Febr. 07
 Avgasstemp.: 81,8 gr.C
 Brennverdi Net CV: 35,73 MJ/kg

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff- forbruk (g/s)	Drivstoff- forbruk (nm3/h)	Spes. dr.stoff- forbruk (g/kWt)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
16:04	7,5	25	0,566	2,828	281,9	28,07	25,73	68,4	94,2	7,4
16:04	7,5	25	0,567	2,834	282,2	28,13	25,71	68,2	94	6,95
16:04	7,5	25	0,565	2,827	282,2	28,05	25,71	68,3	94	7,16
16:04	7,5	25	0,567	2,835	282,5	28,14	25,68	68,4	94,2	7,16
16:04	7,5	25	0,567	2,836	282,7	28,15	25,66	68,1	94,1	7,16
16:04	7,5	25	0,567	2,837	283	28,16	25,63	68,2	93,8	7,07
16:04	7,5	25	0,566	2,832	282,8	28,11	25,65	68,1	93,8	7,16
16:04	7,5	25	0,566	2,831	282,7	28,1	25,66	68,1	93,8	7,16
16:04	7,5	25	0,567	2,834	283	28,13	25,63	68,1	93,9	7,15
16:04	7,5	25	0,567	2,833	283,2	28,12	25,62	68,1	93,9	7,15
16:04	7,5	25	0,566	2,831	283,2	28,1	25,61	68,1	93,7	7,41
16:04	7,5	25	0,565	2,825	283,2	28,1	25,61	68,1	93,8	7,41
16:04	7,5	25	0,565	2,827	282,7	28,06	25,66	68,4	94,1	7,41
16:04	7,5	25	0,565	2,825	282,5	28,04	25,68	68,3	94	7,25
16:04	7,5	25	0,565	2,825	282,5	28,04	25,68	68,3	94	7,25
16:04	7,5	25	0,565	2,825	282,6	28,03	25,67	68,3	94	7,02
16:04	7,5	25	0,566	2,829	282,6	28,03	25,67	68,3	94	7,16
16:04	7,5	25	0,567	2,833	283,7	28,11	25,57	68,1	93,9	7,16
16:04	7,5	25	0,566	2,832	283,7	28,11	25,57	68,1	93,7	7,16
16:04	7,5	25	0,567	2,836	283,7	28,11	25,57	68,1	93,7	7,12
16:04	7,5	25	0,567	2,834	284,1	28,13	25,53	67,8	93,4	7,12
16:04	7,5	25	0,566	2,831	283,3	28,09	25,61	67,8	93,4	7,35
16:04	7,5	25	0,565	2,825	282	28,04	25,73	68,3	93,7	7,2
16:04	7,5	25	0,566	2,828	282,2	28,07	25,71	68,2	94	7,2
16:04	7,5	25	0,566	2,828	282	28,07	25,73	68,7	94,4	7,2
16:04	7,5	25	0,565	2,826	281,7	28,05	25,75	68,7	94,4	7,1
16:04	7,5	25	0,564	2,821	281,3	28	25,79	68,7	94,5	7,29
16:04	7,5	25	0,563	2,817	281	27,96	25,81	68,7	94,5	7,29
16:04	7,5	25	0,566	2,829	282,3	28,08	25,7	69,1	94,9	7,3
16:04										
Middel:	7,5	25	0,566	2,83	282,6	28,08	25,67	68,3	94	7,2
St.avvik:	0	0	0,1673	0,1673	0,2584	0,163	0,2584	0,4006	0,3562	1,613

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til kølev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)
7,22	19,19	1	1350	85	444	7,96	6,95	4,76	0,993	2,731
7,23	19,19	1	1350	82	444	7,96	6,96	4,76	0,96	2,734
7,23	19,21	1	1350	82	444	7,96	6,96	4,77	0,961	2,738
7,22	19,2	1	1350	82	444	7,96	6,96	4,76	0,959	2,731
7,22	19,18	1	1350	82	444	7,96	6,96	4,77	0,962	2,74
7,22	19,19	1	1350	82	444	7,96	6,96	4,78	0,963	2,743
7,21	19,19	1	1350	82	445	7,96	6,95	4,79	0,964	2,753
7,21	19,19	1	1350	82	445	7,96	6,95	4,78	0,962	2,747
7,21	19,15	1	1350	82	444	7,96	6,96	4,78	0,962	2,741
7,2	19,15	1	1350	83	444	7,96	6,96	4,79	0,976	2,747
7,2	19,16	1	1350	83	444	7,96	6,96	4,79	0,976	2,749
7,2	19,16	1	1330	83	444	7,96	6,96	4,72	0,976	2,746
7,2	19,2	1	1330	83	444	7,96	6,96	4,7	0,974	2,74
7,2	19,17	1	1330	83	444	7,96	6,95	4,71	0,974	2,741
7,2	19,17	1	1330	83	444	7,96	6,95	4,71	0,974	2,74
7,2	19,16	1	1330	82	444	7,96	6,95	4,7	0,962	2,74
7,19	19,15	1	1350	80	443	7,96	6,95	4,78	0,939	2,736
7,19	19,13	1	1350	81	443	7,96	6,95	4,79	0,954	2,744
7,19	19,15	1	1350	81	443	7,96	6,95	4,79	0,954	2,744
7,19	19,14	1	1350	81	443	7,96	6,95	4,79	0,954	2,745
7,18	19,09	1	1350	81	443	7,96	6,96	4,8	0,956	2,75
7,19	19,09	1	1340	83	443	7,96	6,96	4,76	0,977	2,745
7,22	19,16	1	1340	83	443	7,96	6,96	4,73	0,972	2,729
7,22	19,14	1	1340	83	443	7,96	6,96	4,73	0,972	2,729
7,22	19,27	1	1340	83	443	7,95	6,97	4,74	0,973	2,732
7,22	19,27	1	1340	83	443	7,96	6,95	4,73	0,971	2,726
7,22	19,27	1	1340	81	443	7,96	6,95	4,73	0,947	2,725
7,22	19,27	1	1340	81	443	7,96	6,95	4,72	0,946	2,722
7,21	19,33	1	1350	80	443	7,96	6,95	4,75	0,933	2,719
7,21	19,18	1	1344	82,1	443,6	7,96	6,96	4,76	0,964	2,738
0,1963	0,2834	0	0,58	1,331	0,1402	0,02333	0,0823	0,68	1,336	0,3229

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i gass (MJ/m3)	Tetthet på gass (kg/m3)	Kjølevanns- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)	
	769	488	1098	190,1	632	1,413	35,73	0,72	1817	80	89,1
	770	490	1099	183,5	632	1,413	35,73	0,72	1818	80,1	89,1
	771	490	1099	183,5	632	1,413	35,73	0,72	1820	80,1	89,1
	769	489	1099	183,5	632	1,413	35,73	0,72	1819	80,1	89,1
	772	491	1099	183,5	632	1,413	35,73	0,72	1818	80,1	89,1
	773	491	1099	183,5	632	1,413	35,73	0,72	1819	80,1	89,1
	774	491	1098	183,4	633	1,413	35,73	0,72	1819	80,1	89,1
	772	490	1098	183,4	633	1,413	35,73	0,72	1819	80,1	89,1
	772	491	1099	183,5	632	1,413	35,73	0,72	1816	80,1	89,1
	774	492	1099	185,8	632	1,413	35,73	0,72	1817	80,1	89,1
	774	492	1099	185,8	632	1,413	35,73	0,72	1817	80,1	89,1
	774	492	1083	185,8	632	1,414	35,73	0,72	1817	80,1	89,1
	772	491	1083	185,8	632	1,414	35,73	0,72	1820	80,1	89,1
	772	490	1082	185,6	632	1,413	35,73	0,72	1818	80,1	89,1
	772	490	1082	185,6	632	1,413	35,73	0,72	1817	80,1	89,1
	772	490	1082	183,4	632	1,413	35,73	0,72	1816	80,1	89,1
	772	490	1098	178,9	631	1,413	35,73	0,72	1817	80,1	89,1
	775	492	1098	181,2	631	1,413	35,73	0,72	1816	80,1	89,1
	775	492	1098	181,2	631	1,413	35,73	0,72	1819	80,1	89,1
	775	492	1098	181,2	631	1,413	35,73	0,72	1817	80,1	89,1
	777	494	1099	181,3	631	1,413	35,73	0,72	1815	80,1	89,1
	775	493	1091	185,8	631	1,414	35,73	0,72	1816	80,1	89,1
	770	490	1091	185,8	631	1,414	35,73	0,72	1817	80,1	89,1
	770	490	1091	185,8	631	1,414	35,73	0,72	1817	80,1	89,1
	770	491	1091	185,9	631	1,415	35,73	0,72	1817	80	89,1
	770	489	1090	185,6	631	1,413	35,73	0,72	1818	80	89,1
	769	488	1090	181,2	631	1,413	35,73	0,72	1818	80	89,1
	768	488	1090	181,2	631	1,413	35,73	0,72	1821	80	89,1
	768	487	1098	178,9	631	1,413	35,73	0,72	1821	80	89,1
	772	490	1094	183,8							
	0,2859	0,304	0,583	1,344							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
40167	0	1	1	22,63	30
40161	0	1	1	22,63	30
40161	0	1	1	22,63	30
40149	0	1	1	22,64	30
40143	0	1	1	22,63	30
40137	0	1	1	22,64	30
40131	0	1	1	22,64	30
40131	0	1	1	22,65	30
40125	0	1	1	22,65	30
40113	0	1	1	22,66	30
40113	0	1	1	22,66	30
40106	0	1	1	22,66	30
40100	0	1	1	22,67	30
40094	0	1	1	22,67	30
40088	0	1	1	22,73	30
40076	0	1	1	22,73	30
40076	0	1	1	22,73	30
40064	0	1	1	22,73	30
40058	0	1	1	22,73	30
40058	0	1	1	22,72	30
40052	0	1	1	22,73	30
40046	0	1	1	22,73	30
40034	0	1	1	22,73	30
40028	0	1	1	22,73	30
40028	0	1	1	22,73	30
40022	0	1	1	22,74	30
40016	0	1	1	22,74	30
40010	0	1	1	22,74	30
39998	0	1	1	22,74	30

Statoil / ECPower datalog-system for ECPower CHP-anlegg

Motornavn: Toyota gass
 Dato [dd/mm/åå]: 21.03.2007
 Opprinnelig filnavn: C:\Måledata Toyota\Øystein\4,5kW - Toyota Naturgass Studentoppgave
 Kommentar til loggingen: Test for: Stud. oppgave
 Gasstype: NG Febr. 07
 Avgasstemp.: 83,3 gr.C
 Brennverdi Net CV: 35,73 MJ/kg

Tid hh:mm	Ønsket effekt (kW)	Varmeforbruk (kW)	Drivstoff- forbruk (g/s)	Drivstoff- forbruk (nm3/h)	Spes. dr.stoff- forbruk (g/kWt)	Tilført med drivstoffet (kW)	El. virkn. grad (%)	Varme virkn. grad (%)	Total virkn. grad (%)	Umidlet prod. el. effekt (kW)
15:47	4,5	15	0,4062	2,031	346,6	20,16	20,93	75,3	96	4,169
15:47	4,5	15	0,4063	2,032	346,6	20,16	20,93	75,3	96,2	4,169
15:47	4,5	15	0,4055	2,027	347	20,16	20,91	75,6	96,5	4,169
15:47	4,5	15	0,4055	2,028	346,4	20,12	20,94	75,8	96,5	4,21
15:47	4,5	15	0,4091	2,046	349,7	20,3	20,74	77	96,7	4,21
15:47	4,5	15	0,4071	2,036	348	20,2	20,85	76,4	97,1	4,192
15:47	4,5	15	0,4053	2,026	346,4	20,11	20,94	76,8	97,2	4,097
15:47	4,5	15	0,4069	2,035	348	20,19	20,84	76,8	97,6	4,097
15:47	4,5	15	0,4073	2,037	348,5	20,21	20,82	76,9	97,6	4,097
15:47	4,5	15	0,4075	2,037	348,5	20,21	20,82	76,9	97,6	4,222
15:47	4,5	15	0,4065	2,033	348,6	20,22	20,81	77	97,8	4,222
15:47	4,5	15	0,4054	2,027	346,9	20,12	20,91	77	97,8	4,224
15:47	4,5	15	0,4082	2,041	349,4	20,26	20,76	76,7	97,5	4,267
15:47	4,5	15	0,4072	2,036	348,5	20,21	20,82	76,7	97,5	4,267
15:47	4,5	15	0,4049	2,024	346,5	20,09	20,94	76,7	97,5	4,267
15:47	4,5	15	0,4036	2,018	345,3	20,03	21,01	77,4	98,3	4,221
15:47	4,5	15	0,4056	2,028	347	20,13	20,91	77,4	98,4	4,221
15:47	4,5	15	0,4074	2,037	348,6	20,22	20,81	77,3	98,2	4,193
15:47	4,5	15	0,4063	2,031	347,7	20,16	20,86	76,5	97,8	4,193
15:47	4,5	15	0,4054	2,027	347	20,12	20,91	76,6	97,4	4,348
15:47	4,5	15	0,4074	2,037	347	20,12	20,91	76,5	97,4	4,348
15:47	4,5	15	0,4065	2,033	347,1	20,17	20,9	76,1	97,3	4,135
15:47	4,5	15	0,4057	2,029	346,6	20,13	20,93	76,4	97,4	4,135
15:47	4,5	15	0,406	2,03	347	20,15	20,91	76,3	97,2	4,232
15:47	4,5	15	0,4071	2,036	347	20,15	20,91	76,3	97,2	4,232
15:47	4,5	15	0,4061	2,031	347,3	20,15	20,89	76	96,9	4,077
15:48	4,5	15	0,4052	2,026	346,8	20,11	20,92	76,1	96,9	4,077
15:48	4,5	15	0,4064	2,032	348,2	20,17	20,83	76	96,9	4,274
15:48	4,5	15	0,4073	2,036	348,8	20,21	20,8	76,2	96,9	4,274
15:48										
Middel:	4,5	15	0,4064	2,032	347,5	20,16	20,88	76,5	97,3	4,201
St.avvik:	0	0	0,2769	0,2769	0,2965	0,2752	0,2963	0,739	0,594	1,719

Midlet prod. el. effekt (kW)	Varme til kølev. (kW)	Avgassmåler 0=Boo/1=Testo	HCmet (ppm)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Spes. HC (g/kWt)	Spes. NOx (g/kWt)	Spes. CO (g/kWt)
4,219	15,24	1	1130	153	492	8,88	5,32	4,497	2,019	3,365
4,216	15,24	1	1130	153	492	8,88	5,32	4,478	2,01	3,35
4,214	15,24	1	1130	153	492	8,88	5,33	4,484	2,013	3,355
4,212	15,25	1	1140	153	492	8,88	5,33	4,516	2,01	3,349
4,212	15,49	1	1140	153	493	8,88	5,32	4,56	2,028	3,387
4,212	15,51	1	1140	153	493	8,88	5,32	4,56	2,028	3,387
4,209	15,51	1	1140	153	493	8,88	5,32	4,53	2,018	3,37
4,209	15,51	1	1140	153	492	8,88	5,32	4,517	2,01	3,35
4,208	15,54	1	1140	152	492	8,88	5,32	4,53	2,005	3,364
4,208	15,54	1	1140	152	492	8,88	5,32	4,54	2,008	3,368
4,207	15,56	1	1130	152	492	8,88	5,32	4,503	2,009	3,37
4,207	15,54	1	1130	152	492	8,88	5,33	4,483	2	3,355
4,206	15,54	1	1130	152	492	8,88	5,33	4,483	2	3,355
4,207	15,53	1	1130	152	492	8,88	5,32	4,501	2,008	3,368
4,207	15,53	1	1130	152	492	8,88	5,32	4,501	2,008	3,368
4,208	15,55	1	1140	153	493	8,88	5,32	4,514	2,009	3,355
4,208	15,55	1	1140	153	493	8,88	5,32	4,499	2,002	3,344
4,207	15,56	1	1140	155	493	8,89	5,32	4,52	2,038	3,36
4,206	15,42	1	1140	155	493	8,88	5,32	4,53	2,043	3,368
4,206	15,41	1	1140	155	493	8,88	5,32	4,53	2,043	3,368
4,211	15,39	1	1130	156	492	8,88	5,32	4,477	2,049	3,35
4,216	15,39	1	1130	157	493	8,88	5,32	4,484	2,066	3,362
4,214	15,39	1	1130	157	493	8,88	5,32	4,484	2,066	3,362
4,212	15,37	1	1130	157	493	8,88	5,33	4,484	2,066	3,362
4,208	15,37	1	1130	157	493	8,88	5,33	4,484	2,066	3,362
4,21	15,35	1	1130	157	493	8,88	5,33	4,501	2,074	3,375
4,206	15,35	1	1130	157	493	8,88	5,33	4,492	2,07	3,368
4,203	15,34	1	1130	155	493	8,88	5,33	4,5	2,047	3,374
4,205	15,37	1	1130	155	493	8,88	5,33	4,508	2,05	3,38
4,209	15,43	1	1134	154	493	8,88	5,32	4,507	2,03	3,364
0,0876	0,702	0	0,4419	1,233	0,1028	0,02091	0,0909	0,518	1,23	0,318

Spes. CO2 (g/kWt)	Spes. O2 (g/kWt)	Spes. HC (mg/nm3 @ 5% O	Spes. NOx (mg/nm3 @ 5% O	Spes. CO (mg/nm3 @ 5% O	Beregnet lambda	Energiinnhold i gass (MJ/m3)	Tetthet på gass (kg/m3)	Kjølevannss- flow (l/h)	Kjølev. temp. inn (°C)	Kjølev. temp. ut (°C)	
	954	415,7	823	306,4	627	1,282	35,73	0,72	1813	80	87,2
	950	413,9	823	306,4	627	1,282	35,73	0,72	1814	80	87,2
	951	415,2	823	306,6	627	1,283	35,73	0,72	1813	80	87,2
	950	414,5	831	306,6	627	1,282	35,73	0,72	1813	80	87,2
	958	417,5	830	306,4	628	1,282	35,73	0,72	1814	79,9	87,2
	958	417,5	830	306,4	628	1,282	35,73	0,72	1814	79,9	87,2
	954	415,4	830	306,4	628	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	950	413,8	830	306,4	627	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	954	415,5	830	304,4	627	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	955	416,1	830	304,4	627	1,282	35,73	0,72	1817	79,9	87,2
	956	416,3	823	304,4	627	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	951	415,2	823	304,6	627	1,283	35,73	0,72	1816	79,9	87,2
	951	415,2	823	304,6	627	1,283	35,73	0,72	1816	79,9	87,2
	955	416	823	304,4	627	1,282	35,73	0,72	1816	79,9	87,2
	955	416	823	304,4	627	1,282	35,73	0,72	1818	79,9	87,2
	950	413,6	830	306,4	628	1,282	35,73	0,72	1817	79,9	87,2
	946	412,2	830	306,4	628	1,282	35,73	0,72	1817	79,9	87,2
	952	414,2	830	310,4	628	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	953	415,1	830	310,4	628	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	953	415,1	830	310,4	628	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	950	413,8	823	312,4	627	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	952	414,5	823	314,4	628	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	952	414,5	823	314,4	628	1,282	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	951	415,2	823	314,6	629	1,283	35,73	0,72	1814	79,9	87,2
	951	415,2	823	314,6	629	1,283	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	955	416,8	823	314,6	629	1,283	35,73	0,72	1815	79,9	87,2
	953	416	823	314,6	629	1,283	35,73	0,72	1813	79,9	87,2
	955	416,7	823	310,6	629	1,283	35,73	0,72	1812	79,9	87,2
	956	417,4	823	310,6	629	1,283	35,73	0,72	1813	79,9	87,2
	953	415,3	826	308,6							
	0,2894	0,3012	0,4285	1,242							

Varmelager (kJ)	Melding T1 0=åpen/1=lukket	Melding T2 0=åpen/1=lukket	Melding T3 0=åpen/1=lukket	Temp. i motor- rom (°C)	Midlingstid (s)
39468	0	1	1	21,93	30
39468	0	1	1	21,92	30
39468	0	1	1	21,93	30
39468	0	1	1	21,93	30
39468	0	1	1	21,93	30
39468	0	1	1	21,93	30
39468	0	1	1	21,92	30
39469	0	1	1	21,92	30
39469	0	1	1	21,92	30
39469	0	1	1	21,92	30
39469	0	1	1	21,91	30
39470	0	1	1	21,92	30
39470	0	1	1	21,92	30
39471	0	1	1	21,91	30
39471	0	1	1	22,01	30
39471	0	1	1	22,02	30
39472	0	1	1	22,02	30
39472	0	1	1	22,02	30
39473	0	1	1	22,03	30
39473	0	1	1	22,02	30
39473	0	1	1	22,03	30
39473	0	1	1	22,02	30
39473	0	1	1	22,02	30
39473	0	1	1	22,02	30
39473	0	1	1	22,03	30
39474	0	1	1	22,03	30
39474	0	1	1	22,03	30
39474	0	1	1	22,03	30
39474	0	1	1	22,03	30
39474	0	1	1	22,04	30

19 VEDLEGG 4 LOGG MÅLERESULTAT RAPSBIODIESEL USA

Se www.epa.gov/otaq/models/biodsl.htm

De måleresultat som er benyttet er gitt navnet SHARP_96 i loggen.

-
- 1 Installasjonsveiledning XRGI 13
 - 2 Brukermanual XRGI 13, ver.1
 - 3 Lyse. Tilbudsdokument Gasstilkobling Sola Lufthavn 2007
 - 4 www.ecpower.dk, produkter & service, XRGI 13
 - 5 E-mail fra Frode Kvinge ved Statoil PKS Mongstad
 - 6 www.physlink.com/reference/aircomposition.cfm
 - 7 Tabell 1.2 i Flame and Combustion av J.A Barnard og J.N.Bradley, andre utgave.
 - 8 Tabell 1.1 i Flame and Combustion av J.A Barnard og J.N.Bradley, andre utgave.
 - 9 Bosch Automotive Handbook side 324. Skannet side er fått fra Frode Kvinge ved PKS Mongstad
 - 10 Kontakt med Toyota Teknisk Avdeling
 - 11 <http://en.wikipedia.org> søk: catalytic converter
 - 12 www.agroetanol.se foder
 - 13 www.framtiden.no/index.php?back=2&artikkelid=1818
 - 14 Energi i Norge, 1996
 - 15 www.cicero.uio.no/fulltext.asp?id=3490&lang=no
 - 16 Bioforsk Rapport Vol. 1 Nr. 119 2006. Energi til norsk veksthusnæring. Bruk av naturgass som energibærer og CO2 kilde.
 - 17 www.miljo.lth.se/svenska/internt/publikationer_internt/pdf-filer/Rapport%2059-Bioetanol.pdf
Energibalans för bioetanol, av Pål Börjesson Mars 2006
 - 18 www.inaro.de/deutsch/ROHSTOFF/ENERGIE/Oele/Biodiesel-Bilanz.htm
 - 19 www.inforse.dk/europe/dieret/altfuels/biodiesel.htm
 - 20 www.uni-sz.bg/tsj/Vol3No6/A.%20Naghiu.pdf
 - 21 Rapsolie til opvarmning, Teknik, økonomi og miljø Mai 2001. Skrevet av Jeppe Bjerg ved "Videncenter for Halm- og flisfyring" i Danmark.
 - 22 www.uidaho.edu/bioenergy/NewsReleases/Biodiesel%20Energy%20Balance_v2a.pdf
 - 23 www.agroetanol.se frågor & svar, Hur bra är etanol ur energisynpunkt?
 - 24 www.blt.bmf.gv.at/menu/index_e.htm
 - 25 KW Energie Technik i Sør Tyskland. E-mail fra Andreas Weigel
 - 26 www.blt.bmf.gv.at/vero/veroeff/0898_BHKW_Forschungsbericht46.pdf