

Høgskolen i Innlandet avdeling Blæstad

Torbjørn Hamnes Aasgård og Nils Kristian Skogli Holte

Bacheloroppgave

Undersøkelse av HVO sine egenskaper i forhold til fossil diesel

Examination of HVO properties in relation to fossil diesel fuel

Bachelor i landbruksteknikk

2020

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage JA NEI

1. Forord

Denne oppgaven er vår siste innsats for å runde av vårt bachelorløp ved Høgskolen i Innlandet Campus Blæstad.

Vi har fått arbeide med biodiesel og drivstoff i landbruket, noe som er et veldig dagsaktuelt tema. I den forbindelse har vi tilegnet oss mye god kunnskap. Klimatiske utfordringer og miljøvennlige løsninger er noe det er viktig å ha fokus på nå og i tiden fremover. Vi har fått bryne oss på planlegging og struktur ved utførelse av forsøk, og har fått et bedre innblikk i hvor mye arbeid som ligger bak gode resultater.

Oppgaven bygger på prosjektet “Ren biodiesel i norsk landbruk” som ble gjennomført av Ruralis og Landbruk 21. Den bygger også videre på det to tidligere Blæstadstudenter, Filip Vatne og Øyvind Karlsen, skrev i sine avsluttende oppgaver mens prosjektet pågikk.

I forbindelse med oppgaven har vi fått veiledning og hjelp underveis, og til disse vil vi rette en stor takk:

Hans Christian Endrerud – har vært vår veileder gjennom oppgaven, og har i den forbindelse hjulpet til med kontakter, informasjon og vurderinger av utformingen for oppgaven.

Stein Morthov og Gunnar Øiestad – har hjulpet oss med det praktiske rundt forsøket med traktor og dynamometer.

Sarah Loftheim – har hjulpet oss med å finne kilder og søke etter gode publikasjoner som kunne brukes til oppgaven.

Lærerstudent Nora Hasdal har bidratt med konstruktive tilbakemeldinger og korrekturlesning.

Torbjørn Hamnes Aasgård og Nils Kristian Skogli Holte

Hamar, 26. Mai 2020

Innhold

| | |
|--|-----------|
| 1. FORORD | 3 |
| NORSK SAMMENDRAG | 7 |
| ENGELSK SAMMENDRAG (ABSTRACT) | 8 |
| 2. INNLEDNING | 9 |
| 2.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN..... | 9 |
| 2.2 PROBLEMSTILLING MED AVGRENSNINGER..... | 13 |
| 3. TEORI | 14 |
| 3.1 MOTORTEORI | 14 |
| 3.1.1 <i>Firetaktsprinsippet</i> | 14 |
| 3.1.2 <i>Dieselmotorens utvikling</i> | 15 |
| 3.1.3 <i>Dieselmotorens oppbygging</i> | 16 |
| 3.1.4 <i>Forbrenningskammeret</i> | 16 |
| 3.1.5 <i>Dieselsystemet generelt</i> | 17 |
| 3.1.6 <i>Forbrenningsteori</i> | 18 |
| 3.1.7 <i>Cetantall</i> | 20 |
| 3.1.8 <i>Tetthet, brennverdi og viskositet</i> | 20 |
| 4. AVGASSRENSESYSTEMER | 22 |
| 4.1 EGR..... | 22 |
| 4.2 DPF..... | 22 |
| 4.3 ADBLUE..... | 23 |
| 5. DRIVSTOFF – ULIKE TYPER | 24 |
| 5.1 KONVENSJONELL DIESEL - EN590..... | 24 |
| 5.2 FAME – EN14214 | 24 |
| 5.3 HVO - EN 15940 | 24 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.4 | FREMSTILLING AV HVO..... | 25 |
| 5.5 | BIODIESELENS RYKTE | 25 |
| 5.6 | RURALIS – REN BIODIESEL SOM DRIVSTOFF I NORSK LANDBRUK | 25 |
| 5.7 | RESULTATER FRA TIDLIGERE BACHELOROPPGAVER | 27 |
| 5.8 | PQI – PARTICLE QUANTIFICATION INDEX..... | 28 |
| 6. | FORSØK..... | 29 |
| 6.1 | MATERIAL OG METODE | 29 |
| 6.1.1 | <i>Utstyr</i> | <i>29</i> |
| 6.1.2 | <i>Gjennomføring.....</i> | <i>29</i> |
| 6.1.3 | <i>Traktoren</i> | <i>30</i> |
| 6.2 | OLJEPRØVER AV TRAKTORER..... | 31 |
| 6.3 | DATABEHANDLING OG FEILKILDER..... | 33 |
| 7. | RESULTAT | 35 |
| 7.1 | OLJEANALYSER..... | 35 |
| 7.1.1 | <i>Oversiktsbilde over sot.....</i> | <i>35</i> |
| 7.1.2 | <i>Forklaring for traktorer som skiller seg ut:</i> | <i>36</i> |
| 7.1.3 | <i>Gjennomsnittsmålinger av Fe</i> | <i>41</i> |
| 7.1.4 | <i>Traktorer som har nivåer av Fe fra og med 40 PPM.....</i> | <i>42</i> |
| 7.1.5 | <i>Gjennomsnittsmålinger av Cr</i> | <i>46</i> |
| 7.1.6 | <i>Traktor som har nivå av Cr som stikker seg ut:</i> | <i>47</i> |
| 7.1.7 | <i>Gjennomsnittsmålinger av Pb.....</i> | <i>48</i> |
| 7.1.8 | <i>Traktorer som har nivå av Pb fra og med 5 PPM:</i> | <i>49</i> |
| 7.1.9 | <i>Gjennomsnittsmålinger av Si</i> | <i>51</i> |
| 7.1.10 | <i>Traktorer som har nivå av Sifra og med 10 PPM:.....</i> | <i>52</i> |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 7.1.11 | Gjennomsnittsmålinger av Al..... | 54 |
| 7.1.12 | Traktorer som har nivå av Al fra og med 5 PPM:..... | 55 |
| 7.1.13 | Gjennomsnittsmålinger av PFC..... | 58 |
| 7.1.14 | Traktorer som har nivå av PFC fra og med 2:..... | 59 |
| 7.1.15 | Gjennomsnittsmålinger av VI00..... | 61 |
| 7.1.16 | Gjennomsnittsmålinger av PQI..... | 62 |
| 7.1.17 | Traktorer som har nivå av PQI fra og med 40:..... | 64 |
| 7.2 | RESULTAT FRA FORSØK PÅ VOLVO BM 430..... | 66 |
| 7.2.1 | Målinger over 10 minutter..... | 66 |
| 7.2.2 | Forsøk over 3 turtallsområder – Effekt..... | 68 |
| 7.2.3 | Volumetrisk dieselforbruk..... | 71 |
| 7.2.4 | Moment..... | 73 |
| 7.2.5 | Spesifikt forbruk..... | 75 |
| 8. | DISKUSJON..... | 78 |
| 9. | KONKLUSJON..... | 82 |
| 10. | FORSLAG TIL VIDERE ARBEID..... | 84 |
| | LITTERATURLISTE..... | 85 |
| 11. | VEDLEGG..... | 88 |

Norsk sammendrag

Denne oppgaven handler i hovedsak om hvordan ulike drivstoff påvirker motorene i landbruksmaskiner. Den inneholder en del teori og bakgrunnsinformasjon som skal gi leseren evnen til å forstå sammenhengen i forsøkene og resultatene som foreligger.

Klimaproblematikken er også å finne som en rød tråd gjennom oppgaven, da biodiesel, eller HVO, er et av nøkkelordene.

Oppgaven gir et innblikk i forbrenningsmotorenes oppbygning og virkemåte, samtidig som den tar for seg hvilke egenskaper ulike drivstoff har. Andre oppgaver og forsøk med tilhørende resultater blir brukt som teori og bakgrunnsstoff for arbeidet som utføres i denne oppgaven.

HVO, som er et fornybart drivstoff, kan være nøkkelen til å gjennomføre et betraktelig kutt i utslipp av klimagasser i Norge. I den forbindelse er det interessant å finne ut om denne dieselens egenskaper egner seg for bruk på landbruksmaskiner. Det er derfor gjennomført et stort prosjekt med nettopp dette i fokus. Prosjektet testet en mengde traktorer av ulike fabrikater og størrelser, der data for dieselforbruk, timetall og oljeprøver ble innhentet. Disse dataene blir nærmere undersøkt i denne oppgaven for å se på sammenhenger mellom drivstoff, og for å til slutt avveie om HVO er en fullgod erstatning for fossil diesel.

Vi undersøker altså HVO sine egenskaper i forhold til fossil diesel i en dieselmotor, og her ser vi på oljeanalyser og eget forsøk. Oljeanalysene viser at motorene klarer seg godt med det nye drivstoffet, med tanke på både smøreegenskaper og drivstoffinnhold i oljen. For vårt eget traktorforsøk på skolens Volvo BM 430 er det små forskjeller også der med tanke på drivstoffutnyttelsen. Med dette grunnlaget mener vi at HVO nå er blitt et godt alternativ til å erstatte fossil diesel. Utdfordringen nå er å lage nok drivstoff til å svare på etterspørselen, med en akseptabel pris og på en miljøvennlig og bærekraftig måte.

Engelsk sammendrag (abstract)

This thesis is mainly focusing on how different diesel fuels affect the engines in agricultural machinery. It builds up with theory and background information, which will give the reader the ability to see the connections regarding the trials and results.

The climatic challenges we face are imbedded as a red line throughout the thesis, as biodiesel, or HVO, is one of the key words.

The thesis gives an insight into the combustion engine and how it's built up, as well as how it functions with different diesel fuels. Other thesis's and trials, along with its results, are used as theory and as a background for the work that is done in this thesis.

HVO, which is a renewable fuel, may be the key to cut emissions in Norway. Therefore, it is interesting to see if this diesel fuel has the qualities needed to be used on agricultural equipment. Studies have been done with a focus on this topic. One of them tested tractors from different manufacturers and of different sizes, where data regarding fuel consumption, workhours and oil samples were gathered. This data will be examined further in this thesis to see if there are any similarities between the different diesel fuels, and to conclude whether HVO is an adequate replacement to conventional diesel fuel.

We are examining HVO properties compared to fossil diesel fuel in diesel engines, and we are examining test results from oil samples and our own trials. The oil analysis shows that the engines are working well with the new HVO fuel, with regards to lubricity and fuel content in the oil itself. In our own trial with the Volvo BM 430 tractor, owned by the school, we see the same trends for fuel efficiency. Considering these results, we conclude that HVO is a good substitute for fossil diesel fuel. The mission now is to make more of the renewable fuel with an acceptable price tag, and in an environmentally friendly and sustainable way.

2. Innledning

Vi arbeider videre med forsøkene til Filip Vatne og Øyvind Karlsen for å undersøke egenskapene til moderne biodiesel i traktormotorer. Under dette avsnittet blir bakgrunnen for oppgaven utgreid, og deretter fastsettes problemstillingene (Vatne, 2019), (Karlsen, 2019).

2.1 Bakgrunn for oppgaven

Verdens samfunn er avhengige av energi og kraft for å utføre ulike handlinger innenfor de fleste sektorer. Lenge ble muskelkraft hos mennesker eller dyr, som okser eller hest, benyttet til å ta de tyngste takene i hverdagen. Dette var en stor fysisk påkjenning for folk som jobbet i yrker med mye fysisk håndtering, slik som i gruver, landbruket og i annen industri. Etter hvert som den industrielle revolusjonen kom ble ny motorteknologi lansert i form av mekaniske motorer. Denne kunne utnytte lagre av energi i konsentrerte mengder, som igjen lettet hverdagen til mange (Norgeshistorie, 2019).

Den industrielle revolusjonen startet for fullt her i landet fra andre halvdel av 1800-tallet, og dette innebar stor økonomisk vekst. Her ble først dampmotoren brukt til å være store energikrevende stasjonære motorer som kunne drive båter, sagbruk og avispresser. Man fikk også etter hvert revolusjonerende serieproduserte redskaper som traktorer og fingerbjelkeslåmaskiner, og dette skapte en stor forandring innenfor landbruket. Samfunnet gikk fra å basere seg på byttehandel til et samfunn som ble styrt av penger fra produkter som selges til forbrukeren (Myhre, 2019).

Dampmotoren revolusjonerte verden med det faktum at den kunne gi effekt mekanisk, og dermed avlaste det fysiske arbeidet. Etter hvert som dampmotoren ble satt i kjøretøy og annet utstyr viste det seg at denne motoren var svært energikrevende, og krevde både mye varme og vann for å få nok effekt. Dette førte til at man begynte å utvikle ny motorteknologi, som etter hvert viste seg å være mer energieffektiv (Dickinson, 1939).

27. februar 1892 sendte Rudolf Diesel inn søknaden for å få patent på sin egenutviklede motor. Diesel tenkte tidlig på å utnytte energien som var lagret i fossilt brensel som kull på en mer effektiv måte enn i dampmotoren, da denne utnyttet kun 3% av energien i råvaren. Dette resulterte i at luften også ble nokså forurenset av sotpartikler. Han oppfant en motor basert på fire-takt-prinsippet, og fant gradvis ut at drivstoffet var best i motoren om det var

flytende. Det startet med en tre-sylindret motor som gikk på kull-støv. Året etter utviklet han en motor med en sylindret som gikk med et høyere trykk. Dette la grunnlaget til senere utvikling til den moderne motorteknologien vi kjenner i dag (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.14-18)

Bensin- og diesel har gjort det mulig å mekanisere store deler av landbruket. Inntoget av den moderne dieselmotoren har gjort at man kunne effektivisere og rekke over større arealer med mindre personer i arbeid. For eksempel så kunne man før ha egne lag med slåttekarer som reiste rundt. Disse hadde nok jobb hele sommeren med å slå grovfôr til husdyr, samtidig som de gjerne også jobbet hele vinteren i gruver eller på skogen. Da motorsager, slåmaskiner og traktorer gjorde sitt inntog skapte dette nye hverdager for folk flest på landsbygden, der blant annet nesten 200 000 hester gradvis ble skiftet ut med traktoren i etterkrigstiden (Lange, 2020).

Da motorteknologi kom til samfunnet kunne de som før jobbet ute på landsbygdene få seg jobb på lokale arbeidsplasser og fabrikker som dukket rundt om i landet. Disse hadde en blomstrende økonomisk vekst, og bonden kunne gjøre mer av arbeidet alene. Traktorene utviklet seg, og gikk gradvis over fra å trekke redskaper som plog og slåmaskin. De fikk trepunktshydraulikk og kraftuttak, som åpnet for nye muligheter. Kjørekomforten økte også, fra sete og hjul av stål, til å kunne ha lydisolerte komfortable førerhytter. Dette ga en revolusjon for bondens hverdag. Samfunnet endret seg raskt i løpet av forrige århundre, fra å ha vært relativt likt i lang tid i forveien (Weseth, 2007).

Bensinmotoren av Nikolaus A. Otto ble raskt utfaset for dieselmotoren som traktormotorer, da disse viste seg å være mer sårbare. Dette dreide seg om ting som pålitelighet, forbruk, styrke og brannfaren under drift. I dag ser man at dieselmotoren har alternative drivstoffkilder, da den trenger drivstoff som antenner når det komprimeres. Det antennes altså ved at varme som oppstår når det komprimeres, takket være trykket som oppstår over stampelet. For bensinmotorer har man utviklet bioetanol og sett at man kan kjøre på propangass, da dette er drivstoff som antennes ved gnist. For dieselmotorer kan man gjerne kjøre på biodiesel, frityrolje, spillolje, rapsolje og biogass (Scania, u.å.).

Vanlig fossil diesel er dannet av fossiler av planter og dyr som er blitt utsatt for stort trykk, som følge av geografiske prosesser igjennom den geografiske historien på jorden. Da dette er planter og dyr som har ligget skjernet så lenge har karbonet i disse bindingene vært borte fra

de biologiske prosessene som skjer i atmosfæren vår (slik som karbonkretsløpet). Denne oljen slipper denne ut store mengder klimagasser som CO₂, CH₄ og NO_x-gasser i atmosfæren ved forbrenning. Dette er en stor utslippspost for klimagasser i dag, og for hver liter diesel som tas opp regner man med at denne gir et utslipp på 3,2 kg CO₂ ekvivalenter (Framtiden i våre hender, 2013).

Samtidig har man i dag utviklet biodiesel som klarer å gi 0 i utslipp til atmosfæren igjennom forbrenningen. Utslippene som kommer fra denne forbrenningen er hentet fra karbon som er fanget igjennom fotosyntesen, og dermed gir det ikke utslipp som øker andelen CO₂ i atmosfæren i forhold til fossilt drivstoff. Det eneste utslippet i biodieselproduksjonen i dag er utslipp i forbindelse med produksjonen. Dette er da transport av biomasse, slik som slakteavfall, eller i prosessen der biologisk materiale tas ut fra skogen. Saften som er i massene presses ut, og hydrogeneres for å få de riktige egenskapene. Det vil si at den gjennomgår en kjemisk prosess (Miao & Wu, 2005).

Det tilsettes ikke stoffer under utvinningen og forbrenningen av biodieselen som tilfører klimagasser til atmosfæren. Gassene som slippes ut er ikke mer enn om biomassen hadde gått inn i en forråtnelsesprosess. For hver liter biodiesel regner man med at det slippes ut 0,4 kg CO₂-ekvivalenter per liter. Ser man på dette sammenlignet med konvensjonell fossil diesel er dette en besparelse på $(3,2 - 0,4 =) 2,8$ kg CO₂ ekvivalenter pr liter (Framtiden i våre hender, 2013).

Dette vil gi en stor effekt på klimautslippene om det kan produseres i stor grad, men under produksjonen må bærekraft vurderes. Det vil si at man ikke må skade økosystemene i områdene der virket tas ut med overdrevet hogst. Tas all biologisk masse ut under hogst vil dette risikere å skade økosystemene i større grad enn før, da kvist og stubber/røtter ofte ble igjen etter hogsten. Dette var med på å sikre materiale som kunne omdannes til organisk jord på hogstområdet, som igjen tilførte næring til en snauhogd skogbunn (Solomon, 2010).

I arbeidet mot klimaendringene har det blitt fastsatt tiltak som verdens land ønsker å samarbeide om. Parisavtalen er en slik avtale som omhandler internasjonal klimapolitikk. Denne avtalen ble vedtatt som en forpliktende avtale under klimakonvensjonen i Paris i 2015. I hovedsak inneholder avtalen tre overordnede mål:

1. Begrense global oppvarming så mye som mulig under 2 grader over førindustriell tid.

2. Øke lands evne til å tilpasse seg klimaendringer, samt utvikle klimarobusthet og lavutslipp.
3. Globale finansstrømmer skal være forenlig med lave utslipp og klimasterk utvikling.

Det var opprinnelig 195 parter i avtalen, men etter hvert som tiden gikk falt flere land fra. Blant annet USA i regi av Donald Trump har i 2017 meldt ifra om at avtalen ikke vil bli overholdt. Samtidig har 166 parter ratifisert avtalen og dermed bundet seg til målene den representerer (FN, 2020).

På 90-tallet og tidlig 2000-tallet var det Kyoto-protokollen som var det internasjonale klimasamarbeidet. Denne skulle stramme inn på i-landenes utslipp og dra oss i riktig retning med tanke på fremtidige klimatiske utfordringer. Store nasjoner som USA og Australia trakk seg fra dette samarbeidet, men landene som bandt seg til avtalen fikk ned det totale utslippet (Stortinget, 2007).

I 2016 var Norges totale klimagassutslipp beregnet til 53,4 millioner tonn CO2 ekvivalenter. Dette ble da fordelt ut på alle sektorene som var med i rapporten, der jordbruket stod for 4,5 MT CO2 ekvivalenter. Det som ikke er inkludert er utslipp knyttet til teknisk drift i jordbruket i form av traktorer og andre bevegelige landbruksmaskiner, samt stasjonære installasjoner som korntørker og oppvarming av veksthus m.m. Harsemrapporten fra 2014 viser imidlertid til at teknisk drift i jordbruket bruker 170 millioner liter fossil diesel årlig. Her kan man altså få til et betydelig klimagasskutt hvis det lar seg gjøre å få norsk jordbruk fossilfritt (Eidem, 2019).

I et «Well to Wheel»-perspektiv slipper man ut henholdsvis 3,2 kg CO2 ekvivalenter pr liter fossil diesel og 0,4 kg CO2 ekvivalenter pr liter HVO. Et raskt og overfladisk regnestykke vil vise at 170 millioner liter * (3,2kg-0,4kg=) 2,8kg = 476 000 000 kg = 0,476 millioner tonn CO2 ekvivalenter (Framtiden i våre hender, 2013).

Ruralis har gjennomført et prosjekt som heter «Ren biodiesel som drivstoff i norsk landbruk». Det ble søkt støtte fra Innovasjon Norge, for å utrede og teste fornybar biodiesel av standard EN 15940 på moderne og eldre traktorer. Tanken var å kartlegge driftssikkerheten og motorslitasje/servicebehov, samt drivstoffutnyttelse i forhold til konvensjonell diesel. Ruralis inngikk samarbeidsavtaler med Høgskolen i Innlandet og Mære Landbruksskole, og fikk samtidig etablert et prosjekt med rekruttering av gårdbrukere og deres traktorer. Samarbeidsavtaler med Eikmaskin AS og Felleskjøpet Agri SA ble også

etablert, noe som virket som god smøring for å få bønder til å eksponere traktorene sine for testing (H.C. Endrerud, personlig kommunikasjon, 2019-2020).

Traktorene var av ulike fabrikat og aldre, og hadde således litt ulik motorteknologi. De ble testet over tid, og oljeprøver ble sikret underveis for å få data på slitasjemetaller m.m. Effekttesting ble også gjort for å sammenligne drivstoffene. Drivstoffene som ble benyttet var konvensjonell diesel EN590 og Eco-1`s HVO100 av standard EN 15940 som er laget på 100% biologisk materiell (Eidem, 2019).

2.2 Problemstilling med avgrensninger

For å avgrense oppgaven skal vi se på noen bestemte faktorer. Vi skal se om justeringer på motoren har noe å si. Hos eldre traktorer med rotorpumpe er det enklest å justere dysetrykk, derfor tar vi for oss dette. På en traktor med rekkepumpe kan man enklere justere tenningsstidspunktet grunnet pumpen og registerets oppbygging. Man kan tenke seg at dette har en innvirkning på forbrenningen, da forstøvningen av dieselen avgjør størrelsen på overflaten til væsken som antennes. Den første problemstillingen vil da bli:

- Har dysetrykket noen effekt på motorens utnyttelse av HVO sammenlignet med fossil diesel?

På «common-rail» motorer er trykket for innsprøytingen høyere, og justering av dette vil ha mindre å si. Ut ifra tidligere bachelorsoppgavers anbefaling for videre arbeid vil vi derfor se om justeringen av innsprøytingstidspunkt har noe å si. Derfor vil vi teste en traktor med moderne motorteknologi, ved å endre visse parametere i programvaren i styringsenheten til motoren. Den andre problemstillingen vil da bli:

- Har innsprøytingstidspunkt noe å si på motorens utnyttelse av HVO sammenlignet med fossil diesel?

Vi ser også på oljeanalyser som er tatt av traktorer som har vært med i traktorforsøket, og disse har blitt analysert på laboratoriet til Pon CAT. Traktorene har et ulikt antall analyser, men i analysene ser vi på forskjellene fra overgangen til biodiesel og overgangen tilbake til fossil diesel ved slutten av testperioden. Den generelle problemstillingen for de forskjellige analysene vil da bli:

- Viser det en merkbar forskjell mellom verdiene for oljekvaliteten til de to overgangsperiodene sett samlet for alle traktorene?

3. Teori

For å danne et bedre bilde av teorien rundt emnene ser vi nærmere på visse emner.

3.1 Motorteori

En motor har som hensikt å utnytte energien som ligger lagret i et drivstoff til å skape krefter som kan skape en rotasjon på en utgående aksel. Motoren slipper videre ut avgasser som følge av forbrenningsprosessen. Det er denne prosessen som gjenskapes rundt øvre dødpunkt for stemplet som skaper bevegelsen på den utgående veivakselen. Utviklingen av motorene som vi kjenner i dag har kommet gradvis, og man har i dag strenge krav for hvordan en motor skal prestere. Dette er i hovedsak med tanke på utslipp, da avgassene fra forbrenningen har vist seg å ha skadelige effekter på miljøet (Bøe, 2005, s.67).

Da dieselmotoren først ble utviklet var det for å ha en mer energieffektiv motor, og med mindre luftforurensninger enn den tidligere dampmotoren. Rudolf Diesel kom derfor opp med en prototype av en motor, som opprinnelig ble drevet av kullstøv som drivstoff, med tre sylindere. Denne hadde en innsprøytning ved øvre dødpunkt, og fungerte etter firetaktsprinsippet (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.3).

3.1.1 Firetaktsprinsippet

I 1876 demonstrerte Nicolaus Otto den første motoren som fungerte etter firetaktsprinsippet, og siden har utviklingen av nye motorer etter hans prinsipp pågått. Dette er i dag kjent som en motor som drives av gnist på en tennplugg som starter en forbrenning av drivstoffet, og drivstoffet er da enten bensin eller gass. Her er det gnist, drivstoff og oksygen som er hovedfaktorene i forbrenningen. Gnisten tilfører varmen som trengs for at drivstoffet skal antennes. Også Rudolf Diesel så muligheter med dette motorprinsippet, men han brukte kompresjon i sylindren til varmekilde for å antenne drivstoffet i stedet for varme/gnist fra en tennplugg. Man har også to-takts-motorer, men i landbruksmaskiner er det mest vanlig med fire-takts-motorer. En takt tilsvarer en halv omdreining for en firesylindret motor på veivakselen. På en motor bygd etter firetaktsprinsippet er forbrenningen fullført på alle sylindere etter to omdreininger på motoren (720 grader rotasjon) (Sharke, 2000). De fire taktene er:

1. **Innsugstakt:** Her suges luft inn i sylindere gjennom innsugsventil(er) som følger av undertrykket som oppstår når motoren beveger seg fra øvre dødpunkt (ØD) til nedre dødpunkt (ND). Her kan trykket økes ved hjelp av en turbo som presser mer luft inn i forbrenningskammeret, ellers er det lavt.
2. **Kompresjon:** Her komprimeres luften som har blitt sugd inn, og rundt ØD (ulikt for forskjellige motorer) sprøytes dieselen inn i forbrenningskammeret.
3. **Arbeidstakt:** Nå antennes drivstoffet som følger av komprimeringen som har skjedd, og store mengder energi frigis til motoren. Stempelet presses ned mot ND igjen.
4. **Utblåsingstakt:** Eksosen blåses ut når stempelet går opp igjen, og eksosventilen(e) åpnes. Dette kan igjen drive en turbo. Ventilene åpnes av en kamaksel (eller flere) som drives av registeret og gires ned til halve hastigheten til veivakselen ved hjelp av tannhjulsutveksling.

3.1.2 Dieselmotorens utvikling

Motoren ble videre utviklet til kun en høy sylinder, og man brukte ikke lenger kullstøv til drivstoff. Utviklingen av denne motoren startet i 1893, og her fant Diesel ut at man skulle senke trykket i motoren betraktelig. Man forsøkte da med trykk i sylindere på 250, 90, 80 og helt ned i 30 bar for å se på hvordan forbrenningen ble. Motoren fikk så vannavkjøling, og en utvikling i innsprøytningssystemet. For å få en bra forstøvelse i forbrenningskammeret brukte man da en luftkompressor. Denne motoren ble testet i juni 1895, og hadde da en nettoutnyttelse av drivstoffet på vel 16%. Med hjelp fra flere klarte man å gjøre det lettere å drive kompressoren, og i 1897 hadde man klart å få til en forbedring på utnyttelsen av drivstoffet. Denne lå da på 26% (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.4).

Diesel slet med å lage en motor som ville fungere i henhold til patentene sine, og samtidig være pålitelig. Han gjorde flere tester med oljer, der også vegetabiliske oljer var et alternativt drivstoff. Det ble gjort ombygginger på motoren for å prøve å gjøre den mindre. Dette var for å få en mer håndterlig størrelse på en energikilde som kunne nyttiggjøres, og dermed erstatte den engang dominerende dampmotoren. Det ble mange mislykkede forsøk, grunnet blant annet dårlig regulering av innsprøytningmengde. Etter dette, sammen med andre mislykkede forsøk på å forbedre motoren til en god kraftkilde, begynte Diesel og hans samarbeidspartnere å se mørkt på tilværelsen. Grunnet store investeringer i prosjektet og ikke noen løsninger for problemene sine tok Diesel og sønnen selvmord etter mange år med spekulering. Det kom til slutt lyspunkt for utviklingen av dieselmotoren, da Bosch sitt

innsprøytningsystem ble lansert som løste problematikken med innsprøytningen. (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.4-6).

Dagens dieselmotorer er i dag utviklet med tanke på nettopp miljø, og å være drivstoffeffektive. Dieselmotoren ble derfor utviklet slik som Diesel hadde tenkt, selv etter hans bortgang. Diesels ønske var å skape en motor som var mer pålitelig, som forurenset mindre og utnyttet drivstoffet bedre. Dieselmotorene i dag kan gå veldig rent med tanke på utslipp, og samtidig generere mye krefter takket være presist ingeniørarbeid. Dette har gjort at dieselmotoren har blitt suksessfull, og blitt satt i biler, traktorer, båter, anleggsmaskiner og flere steder der man avhenger av en motor som klarer tung belastning over tid (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.6-7).

3.1.3 Dieselmotorens oppbygging

Dieselmotoren utnytter kjemisk lagret energi til å bli til mekaniske krefter som kan utnyttes til å drive en aksling, på lik måte som en bensinmotor. Her er motorens utforming viktig for drivstoffutnyttelse, og effektuttak. Man kan ha motorer med finforstøving i et forkammer, men disse har vist seg å ha dårligere egenskaper enn motorer med direkte innsprøytning. Forkammer har vist seg å ha dårlige drivstoffutnyttelse, og det er vanskeligere med nok kompresjon i kammeret under kaldstart til å antenne drivstoffet. Derfor har man i dag stort sett motorer med direkte innsprøytning. Det er også motorer som er turbomatet, og disse skyver ekstra luft inn i forbrenningen når ventilene åpnes. En turbo består av et skovlhjul som står i eksosmanifoilen til motoren, og drives av eksosen. Dette står da på en aksel som driver et annet skovlhjul som står i innsugsmanifoilen, som igjen suger inn luft til motoren. Mer luft alene vil skape en renere forbrenning, og man har potensiale for et større effektuttak om motoren optimaliseres (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.11).

3.1.4 Forbrenningskammeret

I forbrenningskammeret blir diesel sprayet inn ved hjelp av dysene til motoren, og på et tradisjonelt pumpe-dyse-system åpner disse rundt 170-185 bars trykk. Dysene skal finfordele partiklene i dieselen, og dermed skape en så stor overflate som mulig som kan antennes. Denne anleggsflaten er summen av alle overflatene til partiklene av dieselen. Ved slitt motor vil dråpene bli større. Moderne common rail motorer har en rail med diesel under trykk som ligger rundt 2000 bar, og kan dermed skape en finere forstøving enn eldre motorer (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.12).

3.1.5 Dieselsystemet generelt

På dagens traktorer er innsprøytningsystemet bygd opp nokså likt i prinsippet for alle dieseldrevne traktorer. Flytende drivstoff i både bensin- og dieslbiler har veldig stor energikonsentrasjon. Denne energien lagres da i en dieseltank på maskinen, og kan så transporteres til motoren. Det skjer ved hjelp av en høytrykk- og lavtrykksdel av dieselsystemet på maskinen.

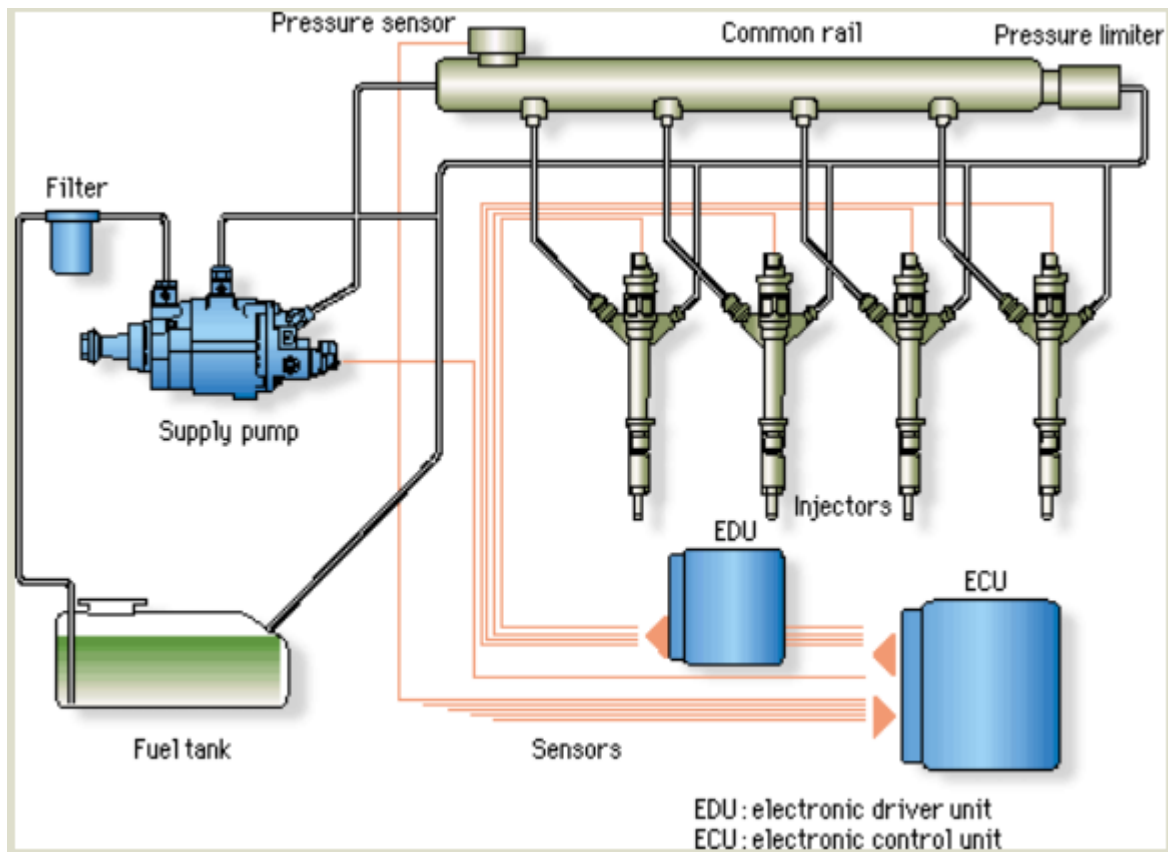
Fra tank har man gjerne et uttak for diesel enten i toppen eller bunnen, før dieselen reiser igjennom et eller flere dieselfilter. Man har gjerne en fødepumpe også som mater dieselen fram til selve dieselpumpen. Etter filtrering skal dieselen mates fram med noen bars trykk, slik at selve dieselpumpen får tak i ren diesel. Det er viktig med ren diesel til fødepumpen, da disse består av mange små komponenter som skal smøres av dieselen. Det er også relativt små passasjer inne i selve dieselpumpen som kan tettes (og dermed skades), og det gjelder også videre i systemet.

Man har slanger ved dieselpumpen og ved dysene som skal føre overskuddsdiesel tilbake til tanken, slik at ikke trykket blir for stort. Tradisjonelle dieselpumper genererer et trykk på rundt 200 bar, og går på registeret til motoren. Det sørger for at motoren alltid får en viss dieselsprut i en bestemt sylinder ved et bestemt punkt på veivakselen. Dette kommer da gjerne av en kamaksel som ligger inne i dieselpumpen som hos rekkepumper, eller fra en viss åpning som passer til veivakselensposisjon slik som i ei rotorpumpe. Her er åpningstrykket på dysene fra cirka 100 til opp mot 200 bar.

I common rail er det ei stedet for mekanisk styrte dyser som åpner ved et visst åpningstrykk elektronisk styrte dyser, også kalt injektorer. Systemet bygger på at det er retur til tank ifra en rail/trykkrør som ligger mellom dieselpumpen og injektorene, og denne står konstant under trykk. Dysene åpner elektronisk ved at motorens stilling registreres i hjernen, og flere spruter sendes inn til forbrenningskammeret rundt antenningstidspunktet ved ØD. Dette skal da gi en renest mulig forbrenning, med best mulig effekt og minst mulig utslipp. Det vil da også utnytte drivstoffet bedre enn i mekanisk innsprøytningsystemer med en injeksjon av drivstoff (Jacobsen, u.å.).

Common rail er et system som kontinuerlig endrer trykket etter behov. Ved tung belastning er trykket på rundt 2000 bar, mens ved mindre belastninger ligger trykket på 1800 bar. Maksimaltrykket til injektorer i dag er på 2200 bar. Dette er smart, med tanke på at en

pumpe som reguleres etter behov vil ta mindre effekt fra resten av motoren og samtidig spare dyser og resten av systemet for unødvendig høyt trykk. Dette minimerer unødvendig slitasje, og samtidig vil drivstofforbruket og gjennomstrømningen reguleres etter behovet. Det vil gi økt effekt under tung kjøring, og et lavere forbruk når traktoren går på tomgang (Jacobsen, u.å.).



Figur 1: Viser common rail systemet, med elektronisk motorstyring (Jacobsen, u.å.)

3.1.6 Forbrenningsteori

En dieselmotor er avhengig av flere komponenter som skal fungere riktig for optimal ytelse. Denne skal ha smøring av glidelager og friksjonsflater som utsettes for belastning når motoren er i drift. For å ta det fra start sprayes dieselen inn igjennom hull på hver dyse i toppen av motoren. Her skal drivstoffet antennes, og man er avhengig av god kompresjon med gode stempelringer og en fin sylinder uten skader. Ventilene må tette riktig imot toppen, slik at det blir tett når de går imot ventilsetene. Dette er elementer som må være til stede for en optimal forbrenningsprosess. For bra kompresjon må også ventilene justeres der de går imot vippearmen, og denne treffer støtstengene som presser på ventilene takket være topper

på kamakselen. Dette er for å få en riktig innstilling på ventilenes posisjon når veivakselen roterer. Man ønsker at ventilene skal åpne/stenge etter hensikten, og ulike motorprodusenter oppgir forskjellige klaringer for optimal forbrenning. For at motoren skal rekke både innsug, komprimering og utblåsing av eksos har man designet motorer slik at ventilene skal overlappe hverandre på visse innstillinger av veivakselen. Derfor er det også viktig at man kontrollerer at kamakselen og resten av komponentene ikke har noe særlig synlig slitasje (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.32-36).

Selve forbrenningsprosessen går ut på å forandre flytende hydrokarboner om til varme igjennom forbrenningen. Drivstoffet antennes og kan nyttiggjøres ved at det roterer en veivaksel, som igjen enten kan kobles til en girkasse eller et aggregat. Det er varmen som oppstår når drivstoffet antennes som skaper varme, som deretter driver stempelet nedover når det har passert øvre dødpunkt. Dårlig kompresjon og mangel på varme fra gløding eller annen motorvarmer gjør det vanskelig å starte kalde motorer. (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.61-62).

Drivstoffet legger igjen flere reststoffer etter det har brent opp. Dette er NO_x-gasser, CO₂, hydrokarboner og sot. Disse blåses så ut i atmosfæren igjennom eksosrøret, og man har i senere tid utviklet renseteknologi for å rense eksosen (se eget kapittel). Når luft suges inn til forbrenningen er innsuget formet slik at luften virvler når den kommer inn. Denne virvlingen øker i takt med turtallet på motoren. Dette er ønskelig for å få en best mulig forbrenning, der dråpene som sprayes inn skal blandes mest mulig med luft. Det er i tillegg ønskelig at dysene/injektorene holder på innsprøytningstrykket under hele innsprøytingen for å få en mest mulig optimal forstøving (Tschoeke & Mollenhauer, 2010, s.62-65).

Siden sylindere er runde utnyttes plassen best med flest mulig ventiler. Dette gjør at man får større omsetning av eksos og luft fra innsuget, og det vil gjøre motoren sprekere. Det var lenge vanlig med 2 ventiler, men i dag er det ofte 4 ventiler. På disse motorene er det da 2 ventiler for innsug- og eksosiden. Da man har 4 ventiler er det nødvendig med 2 kamakslar som drives av registeret. Avgassene som kommer ut kan endres med justering av forbrenningen, men nitrogenholdige gasser kan kun reduseres ved hjelp av rensesystemer på motorer, slik som EGR (exhaust gas recirculation) eller andre systemer.

Forskjellen på en moderne dieselmotor og en dieselmotor som brukes i industri er graden av finmekanikk i motorene. Her er det en balansegang mellom å være lett nok til sitt bruk, solid

nok til bruken og gi nok/ønsket effekt. Grunnprinsippet motorene fungerer etter er likt for alle motorene, der sylindervolumet varierer fra noen desiliter til titalls liter i båtmotorer (kommer an på om motoren er 4- eller 2-takt) (Tschoeke & Mollenhauer, 2010).

3.1.7 Cetantall

Drivstoff har ulike egenskaper i forbrenningskammeret, og det er derfor man har analyser som viser egenskapene til forskjellige drivstoff. Cetantallet sier noe om hvor raskt drivstoffet vil antenne under forbrenningsprosessen. Et høy cetantall gjør det mulig å kontrollere forbrenningen i større grad, og gir en større effekt av eksosgjenvinning på moderne motorer. På grunn av en rask forbrenning kan man enklere måle parametere som støy, forbruk og utslipp for gitte forutsetninger. Man kan tilsette stoffer i drivstoff med lave cetantall for å oppnå ønsket forbrenning, men man ser en forskjell mellom naturlig og kunstig cetantall i drivstoff (Worldwide Fuel Charter, 2013, s.41-43).

Et høyt cetantall vil også gjøre kaldstart lettere selv med små forskjeller mellom drivstofftyper. Dette vil være med på å minimere utslippene fra den ufullstendige forbrenningen som foregår når en motor startes, der motoren har lav hastighet og ofte et dieselloverskudd. Man ser at nivået av hydrokarboner og NO_x-gasser går betraktelig ned i eksosen til motorer med høyt cetantall, noe som er positivt for de totale utslippene fra motorene. For støy og utslipp er et høyt cetantall uansett positivt viser forskning. Mens for forbruket er det stort sett bare positiv endring hvis cetaninnholdet er naturlig (Worldwide Fuel Charter, 2013, s.41-43).

3.1.8 Tetthet, brennverdi og viskositet

Drivstoff vil ha ulik oppbygging avhengig av om det er oljebasert fra forskjellige raffineri eller av vegetabilsk olje. Egenskapene vil også være forskjellige om typene blandes, slik som når biodiesel er innblandet i normal konvensjonell diesel. Tettheten til drivstoffet handler om hvor tung en liter av dieselen er, og dette varierer da mellom drivstoffet sitt innhold.

Brennverdien henger sammen med tettheten til drivstoffet, da vekten sier noe om innholdet av energi i drivstoffet. Viskositet kan man også kalle for seighet, altså hvor lettflytende drivstoffet er (Worldwide Fuel Charter, 2013).

Tettheten på drivstoffet kan ha innvirkning på innsprøytningsstidspunktet på mekaniske dysesystem viser forskning. Dette kan igjen ha noe med hvordan forbrenningen kan foregå,

og ulik tetthet kan derfor gi ulike nivå av avgasser på samme motor. En lav tetthet har i forsøk vist seg å gi en lavere effekt fra motoren og et større drivstofforbruk. Drivstoffets tetthet følger vanligvis med tettheten til drivstoffet. Forbruket, tetthet og viskositet har også en påvirkning på EGR-systemene, da den har som oppgave å rense gassene til de forskjellige drivstoffene sine avgasser. Dieselpumpene kan også ta skade av veldig høye eller lave verdier for viskositeten. En høy viskositet kan hindre gjennomstrømningen, mens en lav viskositet kan føre til lekkasje i dieselpumpen eller andre deler av dieselsystemet. (Worldwide Fuel Charter, 2013, s.43-44).

4. Avgassrensesystemer

Utslippskravene for forbrenningsmotorer blir bare strengere med tiden, og dette presser industrien til å produsere bedre motorer og teknologi for å håndtere dette. Motorene i seg selv har med årene blitt mer rentbrennende og slipper ut langt mindre enn tidligere. Dette er mye på grunn av selve motorenes utforming, men også teknologi som forbindes med drivstoffsystemene og avgass-system. CO₂ er den gassen som påvirker klimaet vårt som vi ikke får gjort stort med ved å bruke disse avgass-systemene, men de hjelper til med å dempe utslipp av partikler som gir utfordringer lokalt. Disse teknologiene har positive innvirkninger på utslipp og miljøet lokalt, men har vist seg å skape utfordringer for holdbarhet og driftssikkerhet på en del maskiner.

4.1 EGR

EGR står for eksos gass resirkulering (exhaust gas recirculation), og gjør akkurat det som navnet tilsier. Det er et system der en regulert mengde av eksosgassene blir omdirigert fra eksosrøret og inn i innsugssiden på motoren for å bli forbrent en gang til. Dette gjør at luften som kommer inn i forbrenningskammeret har litt mindre oksygen enn ellers og forbrenningstemperaturen går ned. Eksosgassen bidrar også til litt høyere temperatur på innsugsluften, hvilket resulterer i litt mindre volum på luften som går inn. Dette gir lavere kompresjon og lavere effekt. Dette bidrar til lavere utslipp av NO_x, men gir dog høyere utslipp av partikler. Eksosgassen kan attpåtil føre til avleiringer på innsugssiden som resulterer i enda mindre volumstrøm. Dette gjelder imidlertid for fossil diesel, og kan være annerledes for HVO da dette drivstoffet har andre ingredienser og egenskaper (Cole, u.å.).

4.2 DPF

DPF står for diesel-partikkelfilter og finnes på nær sagt alle moderne dieselmotorer. Dette filteret ligger på eksos siden av motoren og all eksos går gjennom filteret. Filteret skal filtrere ut partikler som skal bli liggende og som skal forbrennes i filteret. Det har vært en del problematikk med dette da småkjøring og kulde kan hindre at temperaturen blir høy nok i filteret til at partiklene brenner opp. Dette resulterer over tid i at partikkelfilteret tettes og feilkodene kommer. Har det gått så langt må filteret demonteres og tømmes, eller byttes ut

med et nytt. Dette gjelder da for fossil diesel, og HVO kan oppføre seg annerledes ettersom det har andre komponenter og egenskaper (Dieselgrossisten, u.å.).

4.3 AdBlue

AdBlue omdanner NO_x fra eksosen til nitrogen og vanndamp og reduserer på den måten utslippet av nitrøse partikler betraktelig, hvilket bedrer atmosfæren i tettbygde strøk med høy kjøretøytetthet. Dette er vanlig på større dieselmotorer for å greie eurokravene. I 2005 kom det lovgivning om kjøretøy i EU som krever kraftig reduksjon i NO_x-utslipp. Dette gjorde til at lastebiler tok i bruk AdBlue i form av SCR-teknologi (Selective Catalytic Reduction), og siden har traktorer og personbiler fulgt etter.

SCR-systemet består av SCR-katalysator, AdBlue-væskeinnsprøytingsenhet, AdBlue-tank og AdBlue-innsprøytingsstyreenhet. AdBlue hentes fra tank og sprøytes inn i eksosen mellom motor og katalysator. Etter oppvarming omdannes AdBlue til ammoniakk og CO₂, og deretter reagerer NO_x med ammoniakk og sendes ut av eksosen som harmløst nitrogen og vann (Yara, 2020).

5. Drivstoff – ulike typer

5.1 Konvensjonell diesel - EN590

Konvensjonell diesel etter standarden EN590 er den dieselen vi kjøper på pumpene på bensinstasjoner rundt om i landet. Det er dette drivstoffet som brukes på de fleste dieselmotorer, med og uten fargetilsetning og med litt ulik mengde innblanding av FAME (Fatty Acid Methyl Esther) og HVO (Hydrogenbehandlet Vegetabiliske Oljer). Denne standarden er satt for å sikre visse egenskaper i forbindelse med drift og utslipp til miljøet. EN 590 er raffinert av råmaterial som i all hovedsak har fossil opprinnelse, men kan være blandet med en andel biodrivstoff (Standard, 2017).

5.2 FAME – EN14214

FAME kalles gjerne for første generasjon biodiesel og forkortelsen står for Fatty Acid Methyl Esthers. Den brukes som selvstendig drivstoff og som innblanding i andre drivstofftyper. Vi finner den blant annet innblandet i veidieselen på pumpa på bensinstasjonen. Den fungerer som drivstoff under ideelle forhold, men har sine svakheter. Den er derfor ofte brukt som suppleringsdrivstoff. FAME har bidratt til biodieselens dårlige rykte i landbruket (Standard, 2019).

5.3 HVO - EN 15940

HVO står for «Hydrotreated Vegetable Oil» og er et mer avansert biodrivstoff som omtales som 2. generasjon. Dette er et fornybart drivstoff ettersom det kun er brukt biologisk material ved produksjonen. Det kan imidlertid benyttes mer enn bare «Vegetable Oil», f.eks. slakteavfall og planterester, og betegnelsen er dermed noe misvisende selv om dette i sammen med «biodiesel» er mest vanlig på folkemunne. «Fornybar diesel» er et bredere uttrykk som beskriver drivstoffet godt. Det er fornybart i den forstand at råmaterialet er en del av det korte karbonkretsløpet, og utnyttelse av dette til drivstoff vil ikke slippe ut mer enn en vanlig forråtnelsesprosess ville gjort (Neste, 2016).

5.4 Fremstilling av HVO

HVO fremstilles ved at biomasse blir tilført hydrogen under høyt trykk der oksygenet blir ekstrahert. Under prosessen dannes det propan som kan separeres fra væsken. Dette er da biogass. Denne prosessen kalles hydrogenering, og foregår ved 300-350 grader celsius og 20-70 bar trykk. Dette er en mer omfattende prosess enn ved fremstilling av FAME, der temperaturen ligger på 50-80 grader celsius og 1 bar trykk (Ruralis, 2019).

5.5 Biodieselens rykte

Biodiesel har nok fått et ufortjent dårlig rykte, kanskje særlig innenfor landbruket. Den første generasjonen som kalles FAME hadde ikke de beste egenskapene for drift under kalde forhold, ettersom drivstoffet ble for tyktflytende og dermed bød på startvansker og dårlig driftssikkerhet. Det resulterte i tette dyser og filtre, og kunne akselerere slitasjen på ventiler og pakninger. Disse dårlige erfaringene som noen gjorde seg i møte med denne første biodieselen har nok spredt seg som et negativt bilde av biodiesel i landbruket. Men problemer er til for å løses, og den nye fornybare dieselen virker til å være bedre enn den første generasjonen. HVO kan være nøkkelen for å få landbruket fossilfritt på sikt, og prosjektene Ruralis har gjennomført kan være god hjelp til å få til dette (Eidem, Delrapport 2019).

5.6 Ruralis – Ren biodiesel som drivstoff i norsk landbruk

Ruralis – Institutt for rural- og regionalforskning har gjennomført et større prosjekt med biodiesel, som har pågått over flere år. Her ville man finne ut om biodrivstoff kunne være en fullgod erstatning til fossil diesel, og på den måten utnytte fornybare ressurser for å få ned utslipp av klimagasser. Prosjektet bestod av Innovasjon Norge som finansierte og inspirerte, Ruralis, Høgskolen Innlandet, Mære Landbruksskole, Eik Senteret, Felleskjøpet, ECO1 og NMBU som prosjektdeltakere samt NLR, Energigården og Norges Bondelag som samarbeidspartnere.

Det ble laget en delrapport underveis i prosjektet og en hovedrapport som kom ut etter endt prosjekt. Videre kommer essensen av disse rapportene til å bli beskrevet.

Bærekraft i landbruket og i samfunnet generelt står stadig i sterkere fokus, og utslipp av klimagasser til atmosfæren er en viktig del av den store sammenhengen. Norsk landbruk bidrar med en del utslipp til atmosfæren, og det interessant å se om biodiesel kan være en løsning for å få dette ned.

Det har blitt gjennomført et traktorprosjekt med 15 traktorer fra 2018 til 2019. Målet for prosjektet var å dokumentere bruken av traktorene med fornybar diesel på tanken. Det ble da brukt FFBD (fullraffinert fornybar biodiesel) etter standarden EN15940 som er en andre generasjons diesel, og ikke FAME som er første generasjon. Dette drivstoffet kan produseres av alt biologisk material og har tilsynelatende liknende egenskaper som fossil diesel. Det ligger en potensiell besparelse i utslipp på opptil 90% ved overgang til FFBD.

Hovedgrunnen til at det ikke har skjedd tidligere er at det ikke finnes kvantitet i den grad at man kan dekke inn et større marked og at det er et relativt kostbart drivstoff å produsere.

Det foregår likevel utvikling av norske biodrivstoffanlegg. I 2018 begynte Statkraft og Södra å bygge et demoanlegg for avansert biodrivstoff på Tofte i Hurum. Det skal på sikt vurderes å bygge en fullskala produksjon. Anlegget skal ha en kapasitet på 100-150 millioner liter pr år.

Biozin i Åmli skal investere 3,5 milliarder kroner på et anlegg som har en kapasitet på 120 millioner liter pr år. Det blir også biogassproduksjon på Skogn, bioetanol på Hønefoss og i Sarpsborg. Etter disse satsningene å dømme så kommer fornybar diesel til å gjøre sitt inntog de kommende årene. Spenningen ligger da for så vidt i hvor prisen legger seg og om befolkningen er villig til å ta et nytt produkt i bruk hvis det gamle, like kostbare (eller billigere), drivstoffet fortsatt er tilgjengelig (Eidem, 2019a).

Etter at alle involverte parter var fastsatt, begynte arbeidet med prosjektet. Det ble da testet traktorer med HVO i totalt 8714 driftstimer. I denne perioden ble det også tatt oljeprøver for å sikre data om slitasje på motor. Hovedprosjektet og gammeltraktorprosjektet gikk parallelt og ble utført med samme metodikk, og ble avsluttet samtidig. ECO1 stod for drivstoffet, og leverte ut tanker til de ulike deltakerne. Det ble gjennomført en teknisk gjennomgang på verksted av alle traktorene i hovedprosjektet, med effekttest før og etter service og med fossil og fornybar diesel. Motoroljeprøver ble hentet opp gjennom peilepinnehullet, og sendt til Pon CAT Norge AS for analyse.

Prosjektet gikk deretter sin gang og man opplevde lite problematikk med overgang til fornybar diesel. Driften gikk tilsynelatende like greit for seg med dette drivstoffet. Selv tilfeller ned mot -25° Celsius skal ha gått vel så greit for seg med fornybar diesel. Det meldes altså om god driftssikkerhet, og mindre røykutvikling og lukter fra avgass.

Det ble hentet ut oljeprøver som ga data på hvordan motorene har reagert på det nye drivstoffet. Hver prøve viste ulike parametere, og disse kan sammenliknes på tvers av traktorene i prosjektet. Verdier for sot i oljen (SOT), partikkelinnhold/spon i oljen (PQI), dieselinhold (PFc) og viskositet (V100) er de mest relevante parameterne som ble sett på i dette prosjektet. Det ble tatt oljeprøver av oljen som var på traktorene før prosjektet startet, og de verdiene var veldig høye på sot og andre parametere. Dette skyldes gjerne at det var gammel olje, da neste oljeprøve var mye bedre. I dette prosjektet kunne det se ut til at verdiene for de ulike parameterne stilte seg inn på et litt lavere nivå etter overgang til EN15940. Det må likevel presiseres at alle parametere ikke var tatt i betraktning, og at variasjoner finnes i enkelttilfeller (Eidem, 2019b).

5.7 Resultater fra tidligere bacheloroppgaver

Øyvind Karlsen gjennomførte en bacheloroppgave med fokus på analyse av avgasser og gjennomgang av oljeprøver fra traktorprosjektet til Ruralis. Avgassanalysesene baserte seg på tre ulike traktorer, der målinger av kullos (CO), karbondioksid (CO₂), uforbrente hydrokarboner (H_xC_x) og oksygen (O₂) ble gjort. I tillegg ble det gjort en sot-analyse i oppgaven.

Det ble funnet svært små variasjoner mellom EN15940 og EN590 på samme traktor i disse analysene. Det var derimot forskjeller mellom traktorene som ble testet. Det blir konkludert med at innsprøytingssystemet står for disse variasjonene. En av hovedkonklusjonene i oppgaven blir at Common-Rail-teknologi er et effektivt klimabidrag i landbruket.

Filip Vatne gjennomførte en bacheloroppgave med fokus på drivstofforbruk og effektutvikling ved bruk av ulike drivstoff. Det ble testet tre traktorer, med tre ulike drivstoff. Det ble brukt konvensjonell diesel, første generasjons biodiesel (FAME) og annengenerasjons biodiesel (HVO). Det ble også brukt en moderne motorbrems. Testingen viste at det var små forskjeller mellom konvensjonell diesel og HVO, mens FAME ga litt

lavere effekt og litt høyere forbruk. En konklusjon ble at justering av motor for å utnytte HVO bedre kunne være aktuelt i videre arbeid (Eidem, 2019b).

5.8 PQI – Particle Quantification Index

Analyse av partikler, slitasjemetaller og tilsetninger i brukt olje gir et godt innblikk i oljens og maskineriets tilstand. Ved analyse av oljen får vi avklart konsentrasjonen av de nevnte parameterne. Disse blir presentert som PPM (Parts Per Million).

PQI bruker magnetisme for å samle metaller som befinner seg i oljeprøven. Oljeprøven ristes og plasseres i et instrument som bruker et magnetisk felt som forstyrres av et hvert magnetisk material i prøven. Det magnetiske feltet forstyrres proporsjonalt med andelen magnetisk material i prøven. PQI har ingen enhetsbenevning, men høyere tall indikerer større konsentrasjon.

Denne typen prøve utføres som en grov sjekk av oljen. Får man en for høy verdi utføres mer grundig testing ved bruk av filtrering og sjekk under mikroskop. PQI gir altså en kvantitativ måling, mens videre utgreiing gir en kvalitativ beskrivelse av partiklene.

Grenseverdiene varierer ut fra hvilke typer komponenter oljen kommer fra. Grovere mekanikk tåler mer forurenset olje enn finmekanikk med små/mindre klaringer. (Evans, 2019)

6. Forsøk

Et praktisk forsøk ble gjennomført på en traktor av typen Volvo BM T 430, for å se om justering av dysetrykk hadde en innvirkning på forbruk og effekt. Traktoren ble testet med et lite dynamometer som er i høgskolens eie. Testingen foregikk over flere dager med totalt 3 gjentak per drivstofftype og dysetrykk. Disse datasettene og oljeprøver fra Pon CAT ble analysert i Microsoft Office Excel 2019.

6.1 Material og metode

6.1.1 Utstyr

Dynamometeret som benyttes til effekttesting er i Høgskolens eie. Det er et lite dynamometer som er egnet til testing av småtraktorer opptil 80 hestekrefter. På dynamometeret viser en vekt hvor mange kilogram belastningen er på, og PTO-hastigheten (Power Take Out) måles med en laser direkte på kraftuttakstappen.

Drivstoffet måles ved bruk av en vekt. Vekten er digital, og er av typen Mettler Toledo. Denne registrerer endringer ned til ett grams nøyaktighet. Tidtaking ble gjennomført med mobiltelefon. En beholder med drivstoff ble plassert på vekten og koblet inn på traktorens drivstoffsystem, og drivstofforbruket lot seg på denne måten overvåke. Det ble brukt separate kanner med respektive drivstofftyper og det ble gjort tester av diesel i returslangen for å forsikre seg om at drivstoffene ikke ble blandet. Under omstilling av drivstofftype gikk returdieselen i egen beholder for å forhindre kontaminering av det respektive drivstoffet. Under testing gikk returen tilbake til testbeholderen for å simulere normal drift.

Traktoren som brukt i dette forsøket eies av Høgskolen i Innlandet, og er av typen Volvo BM 430 (se vedlegg 2).

6.1.2 Gjennomføring

Forsøket gjennomføres for å se hvordan de respektive drivstoffene oppfører seg i forhold til hverandre ved ulike justeringer av dysetrykket. Dette gjøres for å undersøke om enkle mekaniske endringer kan ha en positiv innvirkning på forbruk og effekt. I dette forsøket tester man konvensjonell fossil diesel opp mot HVO (hydrogenbehandlet vegetabiliske oljer).

Målet var å gjennomføre en bestemt testsyklus med flere gjentak. Traktoren belastes maksimalt ved at man setter motorturtallet til 200 omdreininger mer enn testturtallet, for så å øke belastningen frem til man kommer ned til testturtallet. Dette gjøres for å få full vinkling på sentrifugalvektene i rotorpumpa, og dermed maksimal drivstoffgjennomstrømning og like forhold for hvert gjentak. Dette simulerer at traktoren arbeider tungt under vanlig drift.

I dette forsøket benyttet vi 1800, 1600 og 1400 omdreininger som testturtall på motoren. Kraftuttaksturtallet ble målt ved at en laser observerte hvor mange ganger en teipbit roterte per minutt. Dette gir en oversikt innenfor den mest brukte delen av traktormotorens register.

Etter å ha klargjort det aktuelle drivstoffet, begynte vi syklusen med en 10-minutters måling av forbruk og effekt ved maks belastning med 1800 omdreininger på motoren. Deretter ble det gjennomført 200 grams tester ved 1800, 1600 og 1400 omdreininger på motoren. Her ble den presset ned fra fullt gasspådrag, i tillegg til 1800 og 1600 o/min startturtall. Det ble da målt hvor lang tid det tok å forbrenne 200 gram av det aktuelle drivstoffet. Denne syklusen ble gjennomført 3 ganger for hver av de respektive drivstofftypene.

Denne testingen ble først gjort med det som er originalt dysetrykk for denne traktoren, før vi gjorde innstillinger. Originalt dysetrykk var om lag 175 bar. Vi testet også traktoren med dysetrykk på 200 bar og 100 bar. Justeringen gjorde vi med skolens analoge dysetester, der vi får nøyaktige målinger for åpningstrykket til hver dyse.

Vi gjennomførte den samme testingen med samme syklus for alle tre dysetrykk. Det gir oss data fra 54 enkeltmålinger. 3 turtall, 3 gjentak, 2 drivstoff og 3 dysetrykk (sammenlagt 54). I tillegg har vi 10 minutter lange målinger der forbruket ble målt over tid på fullt gasspådrag med belastning.

6.1.3 Traktoren

Traktoren som ble brukt er av typen Volvo BM T 430, og er en gammel traktor med gammel motorteknologi (se Tabell 1). Den har tradisjonelt pumpe- dyse system som drivstoffsystem. Den typen drivstoffsystem er fortsatt i bruk på mange traktorer i norsk landbruk og er på den måten representativt i denne oppgaven.

| Spesifikasjon | Årsmodell | Motor | Ant. syl | Volum | Drivstoffsystem |
|----------------|-----------|-------------|----------|-------|-----------------|
| Volvo BM T 430 | 1971 | Perkins D25 | 3 | 2,5L | Fordelerpumpe |

Tabell 1: Data for traktoren i forsøket.

6.2 Oljeprøver av traktorer

I oljeprøvene måles oljen ut ifra egenskapene oljen får over en gitt tid på motoren, og fra før vet man blant annet at diesel fra innsprøytingen vil være med på å smøre komponenter i motorene under drift. Man kan derfor tenke seg at når drivstofftypen endres til et drivstoff med andre egenskaper enn det som er opprinnelig tenkt for motoren kan dette ha noe å si på målingene av andelen spon og drivstoff i motoroljen.

I sylindere vil stampelet smøres av olje som pumpes opp av oljepumpen i motoren.

Dieselen sprøytes inn i forbrenningskammeret, og smører visse komponenter i tillegg til å avgi energi. Diesel med andre egenskaper enn den konvensjonelle kan man tenke seg at fører til en annerledes smøring av blant annet stampelet, eller en mer sotete forbrenning som igjen vil bli partikler i oljen. Metallpartikler i oljen eller sot vil forringe oljeegenskapene fort, og gjøre at oljen smører og kjøler motoren dårligere. Dette gjør at oljen må skiftes oftere, hvis ikke kan for eksempel veivlager og andre glidelager få dårlig smøring som igjen kan føre til havari.

Grunnen til at vi tester traktorene på oljeprøvene er derfor nettopp å finne ut om motoren holder seg like bra, eller om drivstoffet ødelegger motorene. Derfor er det ønskelig å kjøre tester over tid, og dermed få fram hvor svakhetene ligger. Det vil også bli ekstra belastninger for motoren ved tunge operasjoner, og derfor er det ønskelig å kjøre motorene hardt for å eventuelt fremprovosere eventuelle driftsproblemer i en tidlig fase av drivstoffets levetid på markedet for å unngå eventuelle reklamasjoner/problemer.

Prøvene ble tatt ved bruk av prøveutstyr som ble ført ned i påfyllingshullet til oljen på traktorene, og deretter sendt til Pon CAT AS sitt laboratorium for analysering. I tabell 2 er forkortelsene som er benyttet i resultatdelen forklart.

| Forkortelser i grafer | Forklaring |
|-----------------------|--|
| Sot | Uforbrent diesel. Kan indikere feil blandingsforhold/tenning for dieseltipe, eller innsprøytingstidspunkt. Generell optimalisering. |
| PFc | Percent fuel content. Sier noe om drivstoffinnholdet funnet i oljeprøvene. Indirekte sier det også noe om drivstoffet sliter mer på motoren. |
| PPM | Parts Per Million |
| V100 | Viskositet ved 100°C |

Tabell 2: Forklaringer på begrep i oljeanalysene.

Ved målingene ser man blant annet etter ulike metaller og spon i oljen, og da må man finne ut hvilke slitasjemetaller det er mest aktuelt å se etter. Her ser man på hvilke metaller og legeringer det er mest vanlig å finne inne i motoroljen. Disse er tilsatt i produksjonen av delene for å tåle høy varme og mye energi, og spesialutviklet for å ta opp en type energi som oppstår på den bestemte komponenten. Siden vi ønsker å være sammenlignbart med Karlsen sin tidligere bacheloroppgave velger vi å se på samme metaller som han i grafene som kommer (se Figur 2). I tillegg til disse ser man på om det er noen tydelige endringer igjennom perioden etter det ble skiftet til biodiesel på motoren fra vanlig fossil diesel, før man til slutt skiftet tilbake da prosjektet ble avsluttet. Vi deler inn perioden i 3 faser, der de to første fasene består av 2 målinger hver og den siste er kun av 1 måling (totalt 5 målinger) (Eidem, 2019b).

| KOMPONENT | VANLIGE LEGERINGSELEMENTER |
|--------------------------|-----------------------------|
| STEMPEL | Støperjern, stål, aluminium |
| STEMPELRINGER | Chrom-stål legering |
| VENTILER | Stål |
| FORBRENNINGSROM- TOPP | Støpejern, aluminium |
| SYLINDER | Stål |

Figur 2: Oversikt over slitasjemetaller i motoren, (Karlsen, 2019).

6.3 Databehandling og feilkilder

Dataene våre kommer fra vårt eget traktorforsøk med tre ulike dysetrykk (opprinnelig på cirka 175 bar, 200 bar og 100 bar), og en Excel-fil fra Pon CAT med alle dataene fra traktorer som var med i prosjektet. Disse dataene har blitt sortert, og presentert i søylediagrammer for å vise trender som har oppstått i perioden. Det er lagt inn feilfelt, og for oljeanalysene er det presisert hvilke traktorer vi ser nærmere på.

Vi gjorde som tidligere nevnt forsøk på en Volvo BM 430 der vi justerte dysetrykk. Her har vi regnet om verdiene vi fikk fra vekta ut ifra tettheten til drivstoffet. For biodrivstoffet brukte vi verdien 780 kg/m^3 , mens for den fossile varianten ble verdien 830 kg/m^3 brukt (se vedlegg 1). Vi skal se nærmere på forbruket i liter, da man vanligvis omtaler drivstofforbruk i liter og ikke gram. Dette er en viktig presisering når man bruker drivstoff med ulike tettheter. Slik som det spesifikke forbruket regnes om til liter det også, selv om det tradisjonelt oppgis i gram. Spesifikt forbruk handler om hvor drivstoffeffektiv motoren er.

For oljeanalysene er verdiene analysert ut ifra snitt av de oppgitte verdiene fra Pon CAT, og her ble feil luket ut i forkant. Det vil si at for data som enten var ulogiske eller ikke kunne finnes igjen i en database for korrigerende ble fjernet. Dette er da en feilkilde for disse resultatene. Videre er det flere feilkilder for traktorforsøket organisert av Ruralis. Her har man tatt utgangspunkt i at traktorene har fulgt normale serviceintervaller, men da traktorene ble med i forsøket var det traktorer i ulike deler av serviceintervallet. Det vil si at en del traktorer hadde gammel og dårlig motorolje da prosjektet startet. Traktorene ble målt noen ganger etter de ble med i prosjektet for å se hvordan overgangsfasen utviklet seg før motorene fikk ny olje, men der ble det da forskjellige verdier mellom traktorene.

Her vil det være forskjeller mellom traktorprodusentene sine innhold av tilsetninger av metaller i oljen, og generell oppbygging av motorer. Det er også ulike tilsetninger i motoroljer. Dette skaper en feilkilde, da noen merker/traktorer kan ha høyere verdier i noen analyser enn andre. Der kan oppbyggingen av motoren, slik som oppbygging og klaringer i dieselpumpe, spille inn. Common rail har også en innvirkning på resultatene. Man ønsket i starten av prosjektet å ha traktorer med i forsøket fra alle traktorprodusenter, og helst likt antall. I datasettet som er blitt analysert ser man at det blant annet er et flertall av John Deere- traktorer som er blitt med. Dette har en sammenheng i problemer med tillatelser fra forskjellige

produsenter for at garantien skulle være på maskiner som skulle gå på biodiesel, og da dette var en ny type drivstoff er det forståelig at produsentene er skeptiske.

For våre egne analyser er det størst feilkilder for slitt utstyr. Vi merket at vår digitale turtallsmåler slet med å registrere rotasjoner på PTO og vekten som varierte noe som følge av vibrasjoner som oppstod underveis. Traktoren har tidligere blitt brukt til å demonstrere motorbrems på traktor før som en årlig del av undervisningen, og bar preg av det. Slitasjen på motoren var tydelig som; liten diesellekkasje på dieselpumpen som gjorde at traktoren trakk inn luft når den var parkert, (slik at den ble tungstartet,) lite trykk i fødepumpe og lekkasje av kjølevæske ved toppakningen.

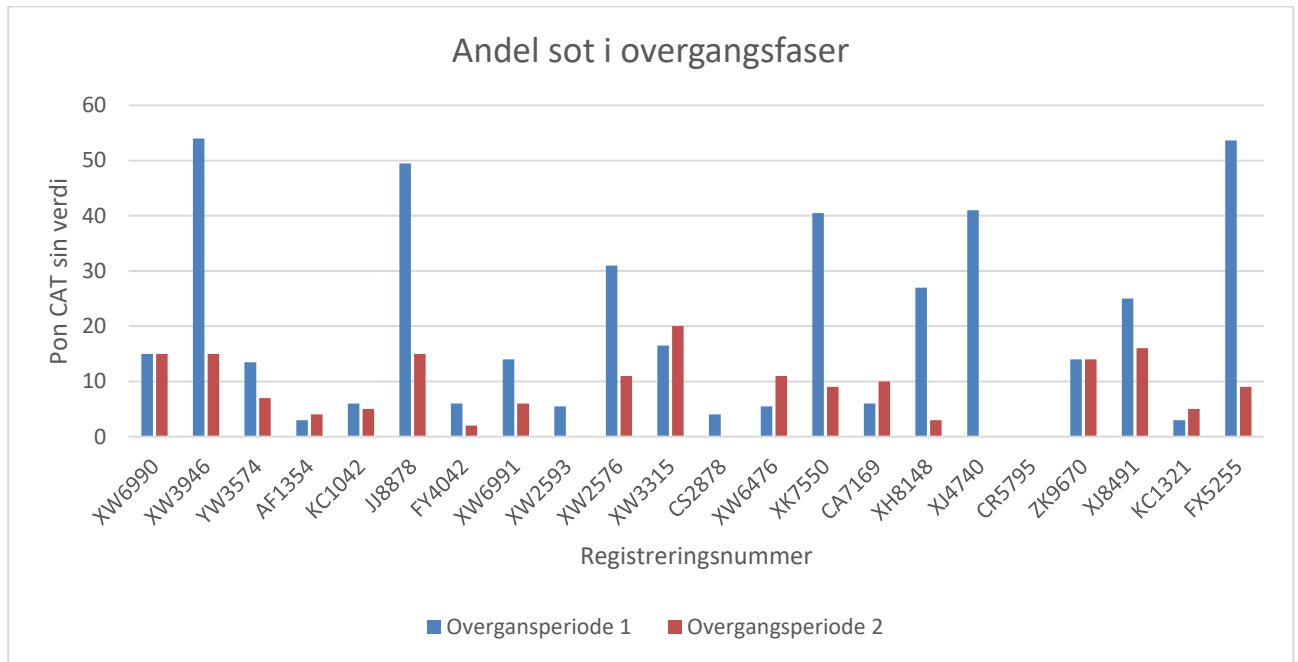
For å unngå å blande drivstoff kjørte vi ren traktoren etter hvert forsøk med en type drivstoff i separat tank til vi var sikre på at vi hadde fått skiftet drivstoffet helt ut. I forsøket observerte vi at biodrivstoffet ga mindre røyk når motoren ble presset, og dermed ga en renere forbrenning. Det er også en feilkilde at forsøkene ble arrangert på dager der det var forskjellige utetemperaturer. Traktoren ble kjørt varm før igangsetting av testene. Vi målte motorturtallet på den analoge måleren på traktoren, og ut ifra vinklingen som så skjedde i dieselpumpen er det en feilmargin for om denne vinklingen skjedde mens vi finjusterte turtallet på motoren.

Igjennom hele prosjektperioden har vi hatt fokus på å ha gode rutiner ved forsøk for å få best mulig resultater, og samtidig gjøre det mulig å gjennomføre eventuelle gjentak. Dette gjelder også for databehandlingen som ble gjort i ettertid.

7. Resultat

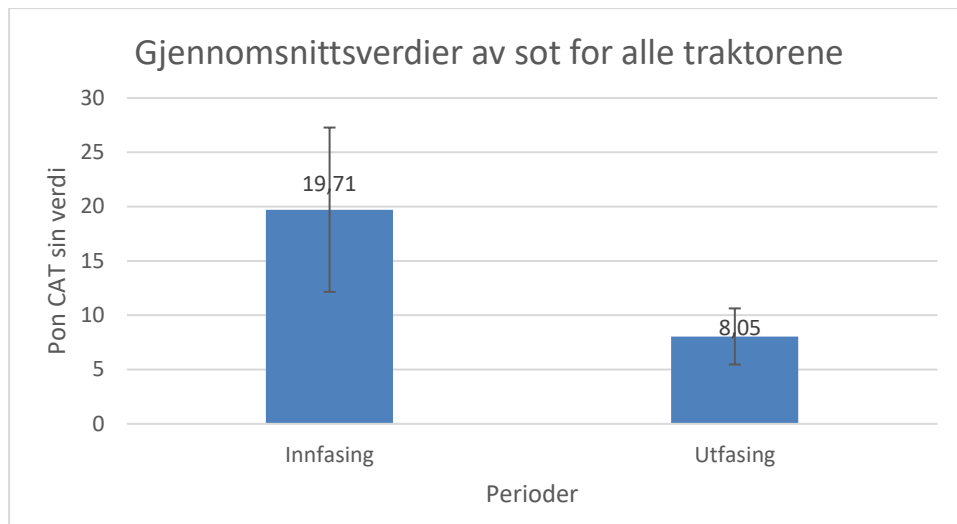
7.1 Oljeanalyser

7.1.1 Oversiktsbilde over sot



Figur 3: Andel sot sett i infasing og utfasing av biodieselen, (Excel, 2019).

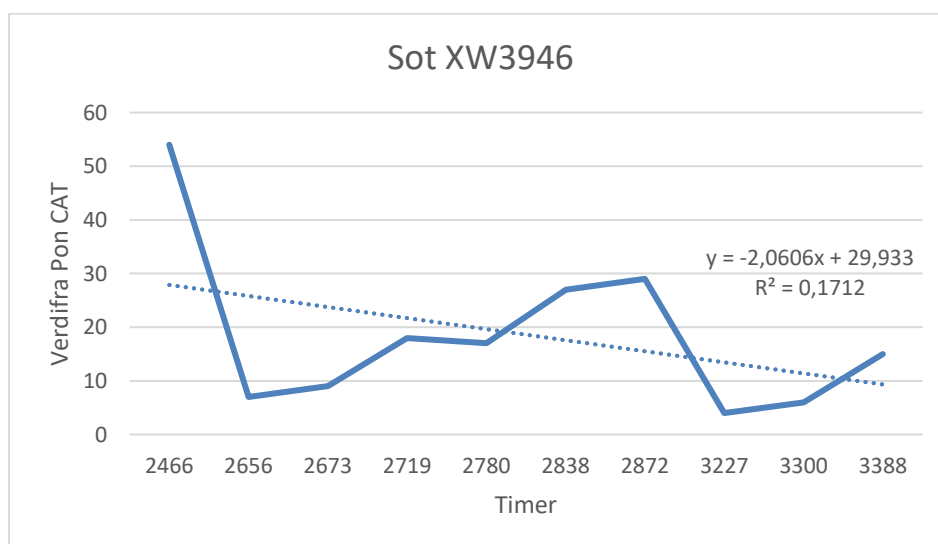
Figur 3 viser snittverdier for de to overgangsfasene. Flere av traktorene er preget av høye nivåer av sot i inngangen av prosjektet, og det kommer gjerne av at de har gått lenge med samme motorolje. Intervallene for oljeskift på motorene er altså sentral, men alle motorene fikk ny olje etter de første målingene var tatt. Sot-nivået i oljen vil øke igjennom oljeintervallet med kjøring på oljen, som følge av at stemplene og oljesmøringen her vil komme i kontakt med sot i forbrenningskammeret. Trenden er at de fleste traktorene faller i nivå av sot etter prosjektet avsluttes, men det er noen få som øker litt. Denne økningen er ikke stor, og derfor ikke ansett som farlig.



Figur 4: Gjennomsnittsverdier for innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

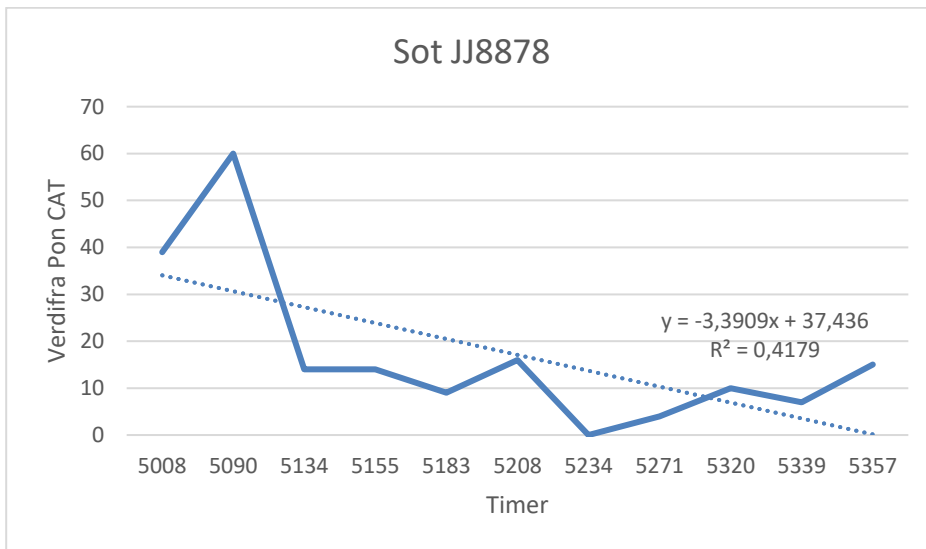
Figur 4 viser gjennomsnittsverdiene for de to periodene, og her ser man at variasjonen er størst i starten av prosjektet. Dette kommer av varierende kvalitet som er på de forskjellige motoroljene, der mange er preget av gammel og godt brukt olje. Trenden at oljens sot-nivå blir lavere igjennom prosjektet blir tydelig, da man i gjennomsnitt har et sot-nivå som er under halvparten så høyt som gjennomsnittsverdien ifra innfasingen. Under ser vi nærmere på traktorene som skiller seg ut fra Figur 3.

7.1.2 Forklaring for traktorer som skiller seg ut:



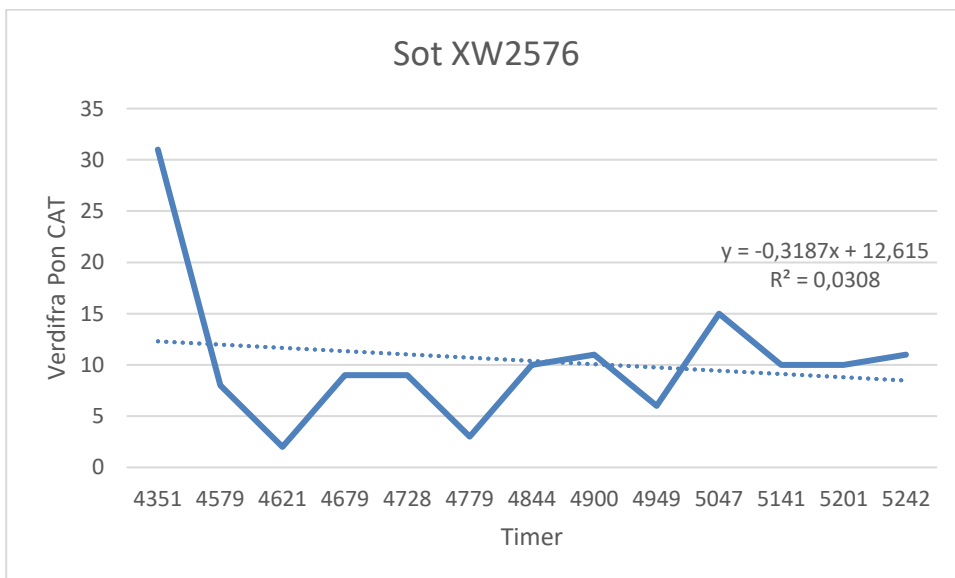
Figur 5: Sot i motoren til XW3946, (Excel, 2019).

I Figur 5 ser man et vesentlig fall igjennom perioden, og dette ser man også av formelen på figuren med negativt fortegn. Denne traktoren er en Fendt 516, og resultatet for denne traktoren er positivt med tanke på ønsket nedgang i sot.



Figur 6: Sot i motoren til JJ8878, (Excel, 2019).

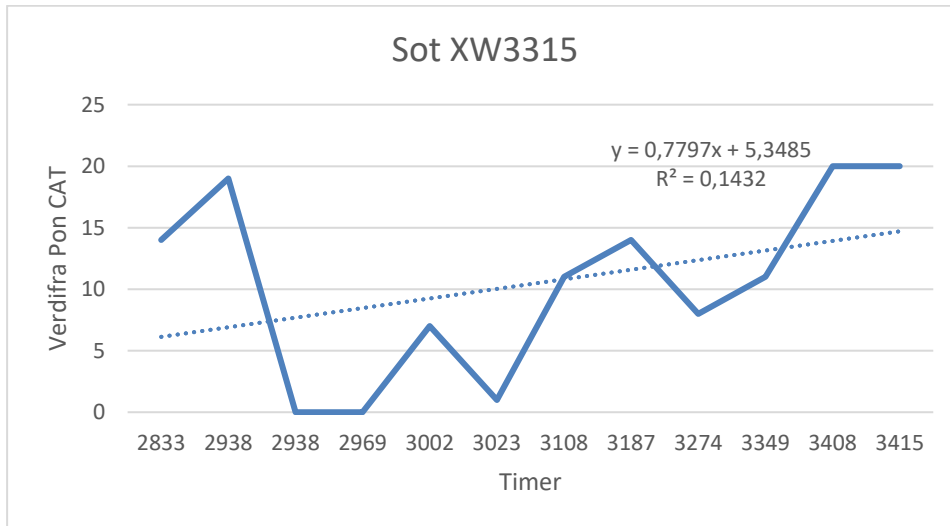
Figur 6 viser også en trend for nedgang i nivået til sot i Massey Ferguson 6480, noe som er tydelig i formelen. Resultatet er altså positivt for biodieselens egenskaper for Figur 5 og Figur 6.



Figur 7: Sot i motoren til XW2576, (Excel, 2019).

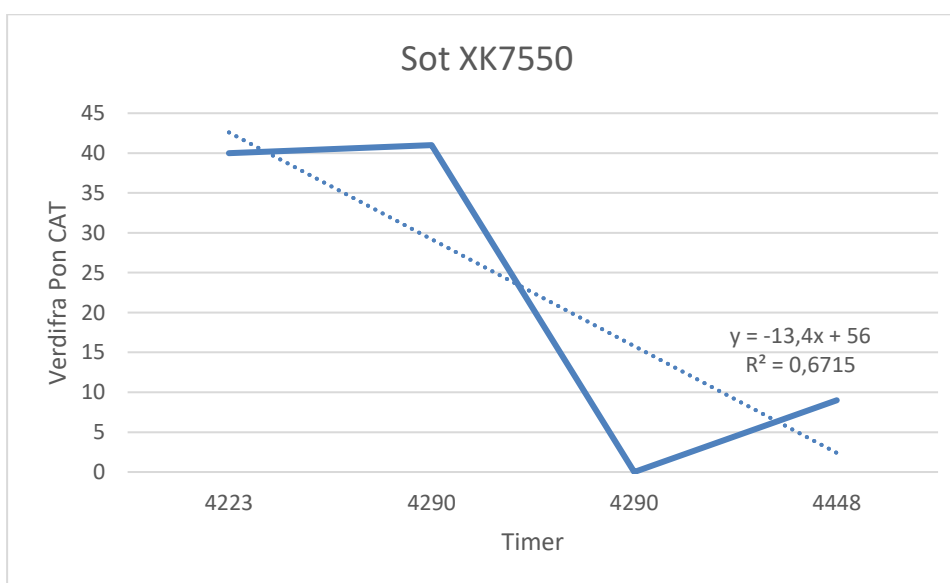
I Figur 7 ser man en nesten stabil, men svakt negativ utvikling av sot i motoren igjennom hele perioden. Det er noe svingninger mellom målingene, men nivåene er lave. Det måles en svak

topp i den fjerde siste målingen. Den negative trenden i verdiene begrunnes i det negative fortegnet til formelen, og resultatet er positivt for det nye drivstoffet. Dette er en Massey Ferguson 5450.



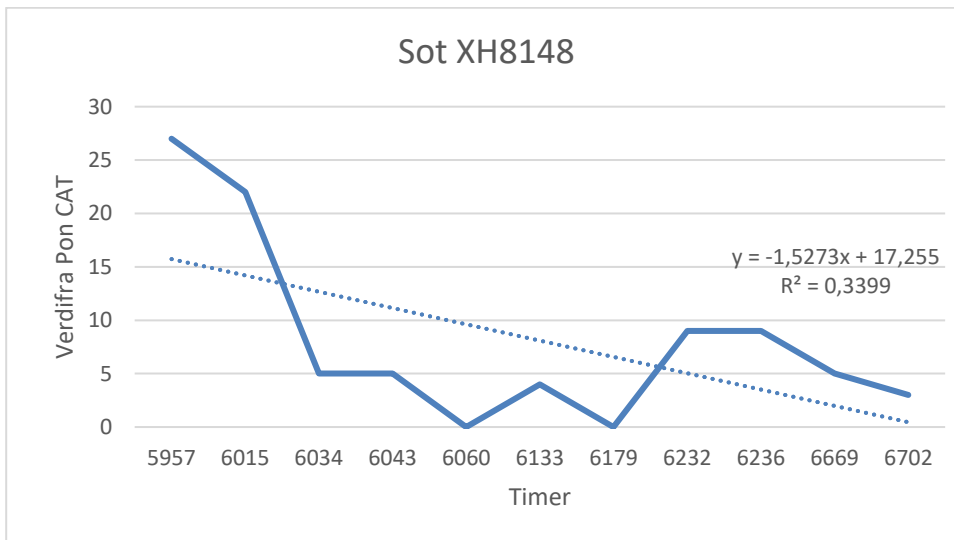
Figur 8: Sot i motoren til XW3315, (Excel, 2019).

Figur 8 viser verdiene for en John Deere 6125R. Her er trenden svakt positiv gjennom perioden, og dette ser man i formelen at er en svak trend. Nivået i motoren faller etter oljeskiftet i starten av prosjektet, men øker mot slutten. Verdiene er noe høyere i slutten enn i starten av prosjektet, men verdiene i seg selv er lave. Det blir tydelig da man sammenligner disse verdiene med andre traktorer som var med i prosjektet, at flere av de andre tydelig hadde dårligere olje enn denne traktoren i innfasingsperioden.



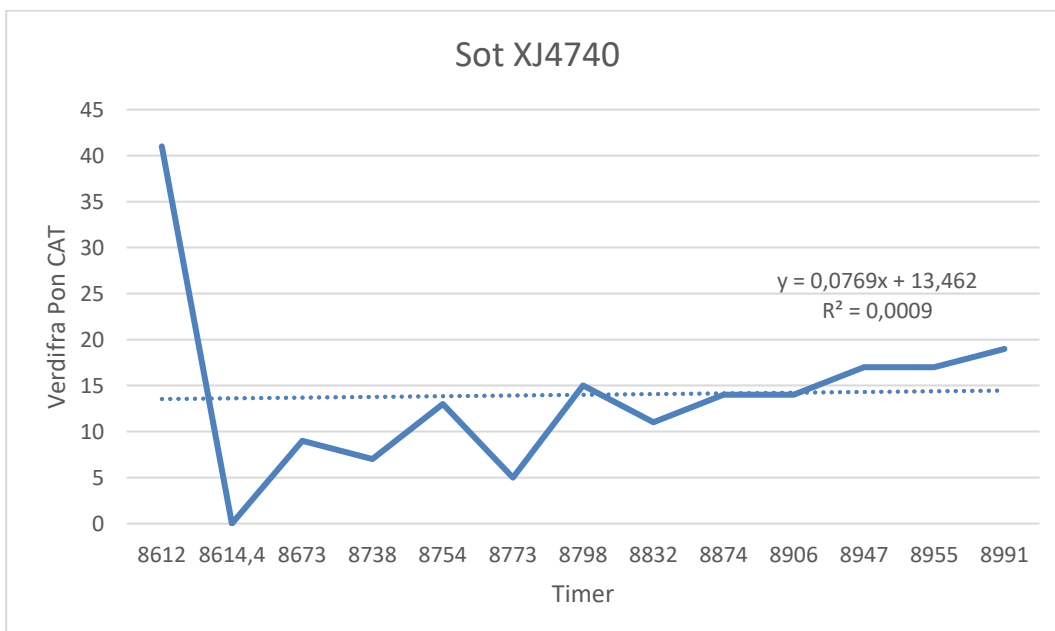
Figur 9: Sot i motoren for XK7550, (Excel, 2019).

I Figur 9 ser man tydelig en sterk negativ trend for sot i XK7550. Dette var en John Deere 6210R, og denne hadde en del bedre verdier utover i prosjektet. Man ser her at denne motoren hadde godt av å gå på biodiesel, med betydelig fall i verdiene.



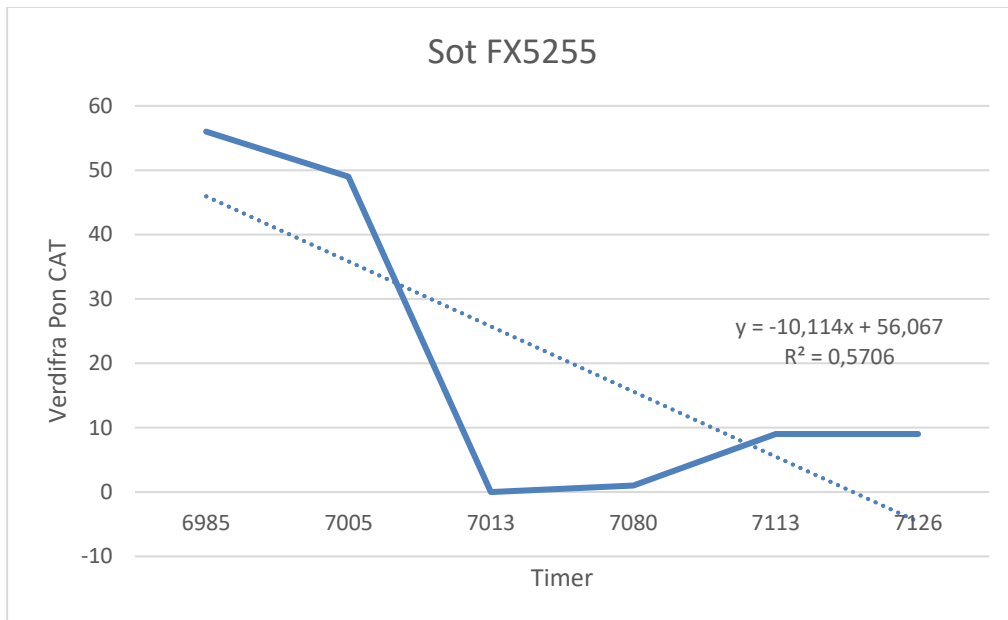
Figur 10: Sot i motoren for XH8148, (Excel, 2019).

Figur 10 viser data fra XH8148, og dette er en John Deere 6310. Denne hadde en nedgang igjennom prosjektet som man kan se av fortegnet i formelen. Dette er da positivt med tanke på sot-utviklingen i motoren og drivstoffet sine egenskaper i motoren.



Figur 11: Sot i motoren for XJ4740, (Excel, 2019).

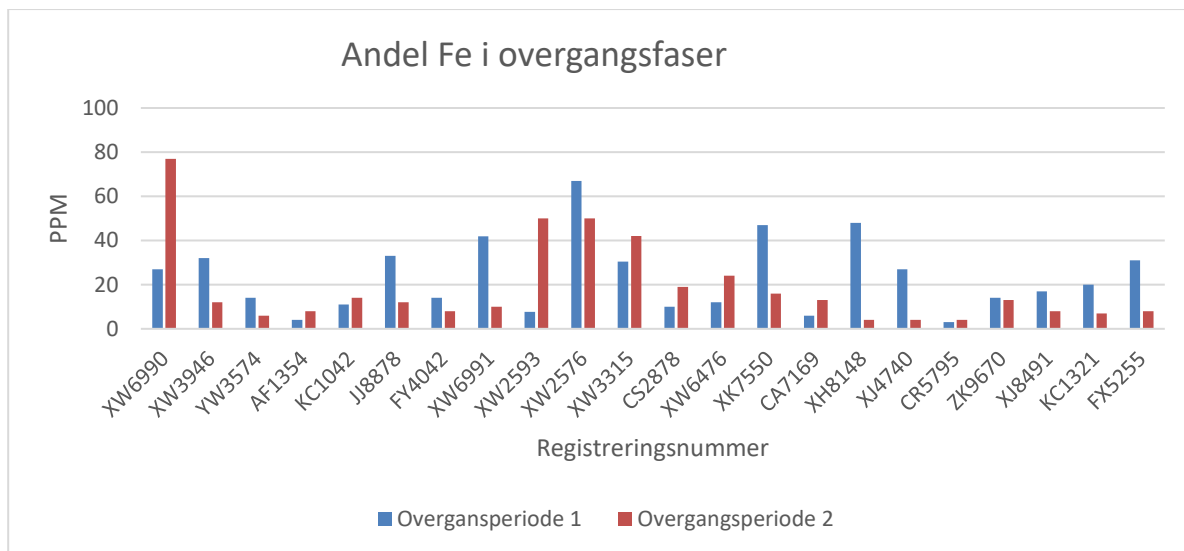
Figur 11 viser en tilnærmet lik konsentrasjon av sot i oljen på XJ4740. Traktoren er en John Deere 6420, og man kan se en veldig svak trend av en økning. Det ser ut til at nivået falt betraktelig etter oljeskift, og stiger etter hvert som den har blitt kjørt. Ingen farlig utvikling, den ser naturlig ut.



Figur 12: Sot i motoren på FX5255, (Excel, 2019).

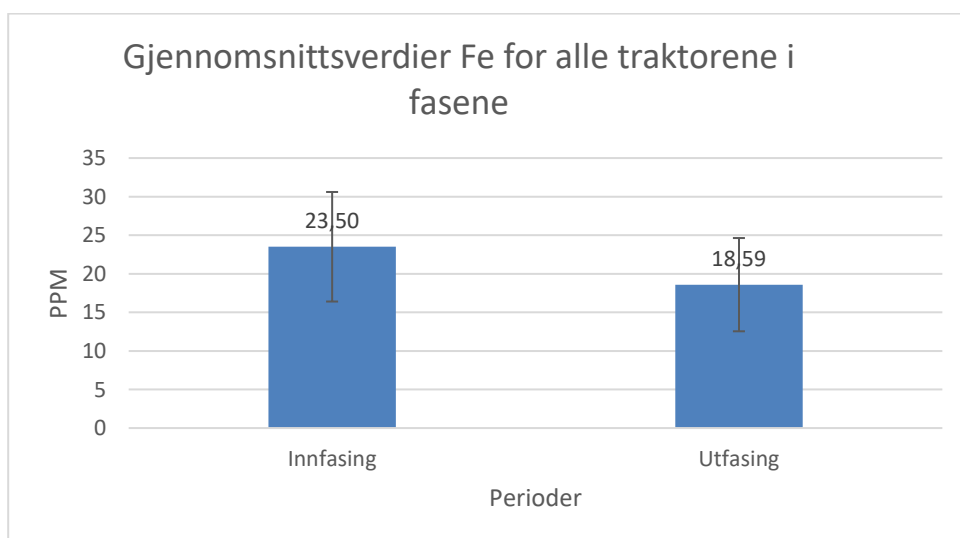
Figur 12 viser data fra FX5255, og som man ser av grafen og formelen går kurven sterkt nedover. Traktoren er en Valmet 8150. Oljen på denne motoren var veldig dårlig i starten, og falt betydelig etter oljeskift. Deretter ble oljen veldig fin, og nivået har holdt seg stabilt mot slutten av prosjektet. Denne motoren soter nok også mindre nå enn før siden nivået stabiliserte seg, og derfor kan man si at trenden er at biodieselen vil gi en renere forbrenning. Dette er da positivt, og gjelder for flere av traktorene.

7.1.3 Gjennomsnittsmålinger av Fe



Figur 13: Gjennomsnittlige verdier fra overgangsfaser for alle traktorene, (Excel, 2019).

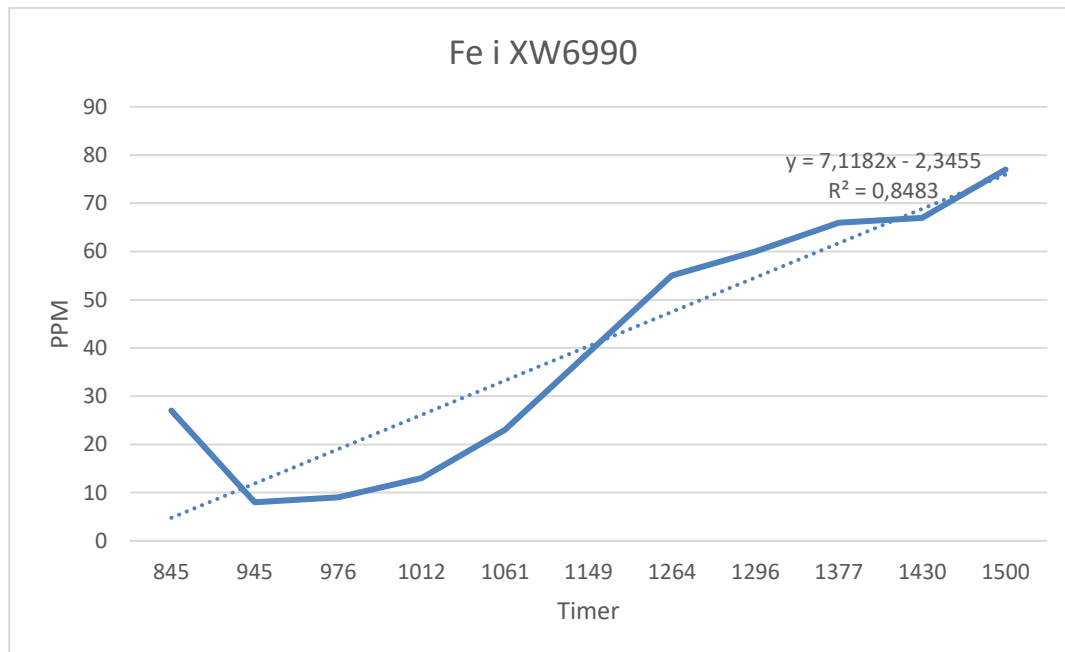
I Figur 13 ser vi andelene av Fe i oljen på traktorene som var med i prosjektet målt i PPM. For de fleste av traktorene ser vi en nedgang i Fe-nivået i motoroljen, i større eller mindre grad. Noen traktorer har økte jernnivåer, men dette er et mindretall av traktorene. Årsaken til at mange av traktorene hadde høye verdier i starten kan ha en sammenheng i at oljen i motorene var gammel, og derfor inneholdt en del slitasjemetaller. Ingen verdier her er kritiske med tanke på motorene enda, men vi ser at noen skiller seg ut. Vi ser da nærmere på traktorer med verdier fra og med 40 PPM, og Fe er det vanligste metallet å finne generelt i en motor.



Figur 14: Gjennomsnittsverdier for Fe for innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

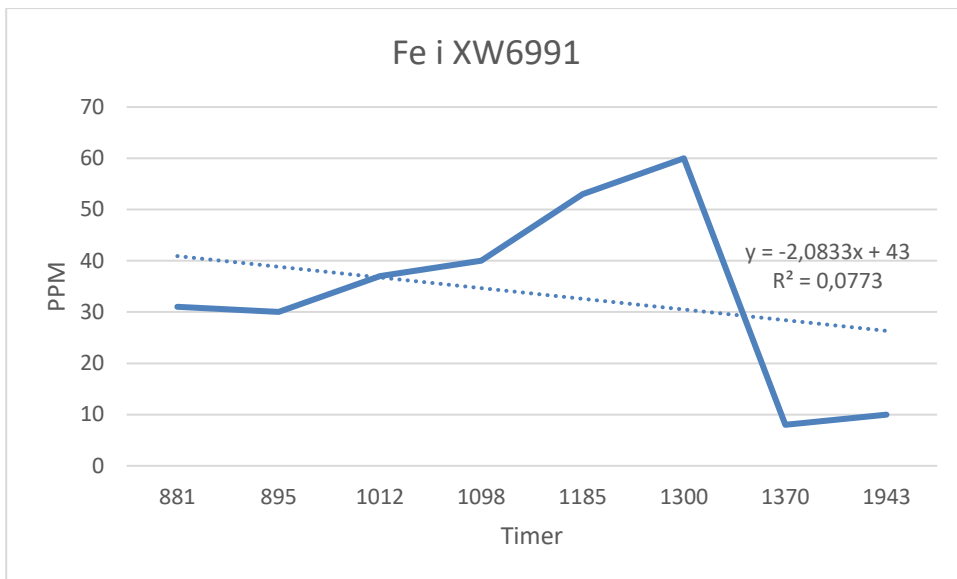
Figur 14 viser at trenden for gjennomsnittsmålingene av perioden er en nedgang i Fe i motoroljen. Dette vil med andre ord si at nivået i snitt går ned, og det er positivt. Fe er det slitasjemetallet som man er sikker på at finnes i alle motorer uansett produsent, og derfor gir dette den beste pekepinnen på motorslitasjen i perioden sett ut fra et metall.

7.1.4 Traktorer som har nivåer av Fe fra og med 40 PPM



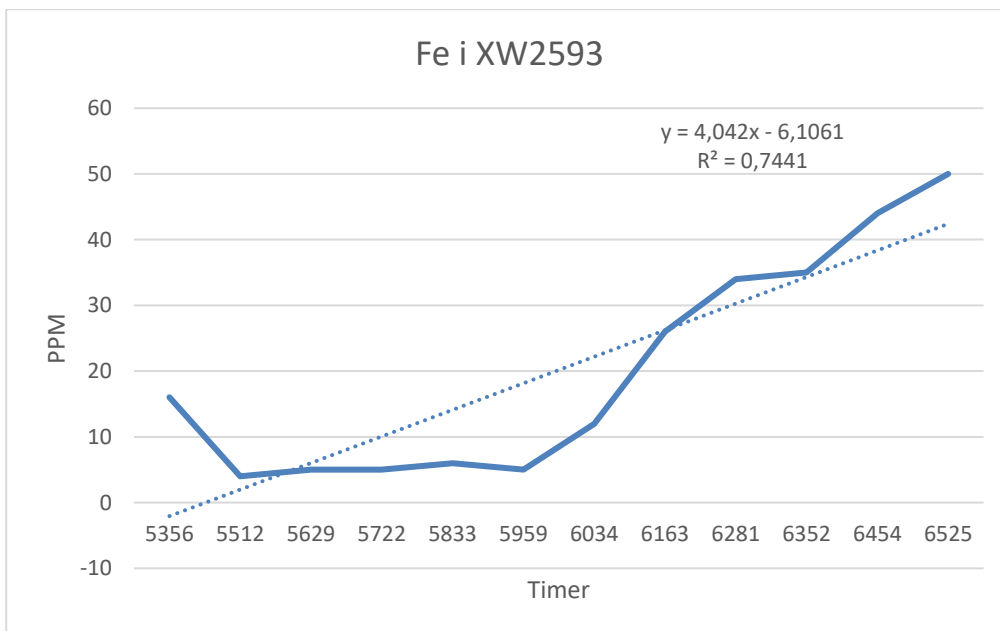
Figur 3: Fe i motoroljen til XW6990, (Excel, 2019).

Figur 15 viser grafen for XW6990, og denne viser en sterk positiv trend. Dette er ikke et godt tegn, og her er nok noe på gang inne i motoren. Nivået er ikke kritisk enda, men man må følge med på videre utvikling. Her er det vanskelig å si hvilke feilkilder som slår inn, men det trenger ikke være biodieselen som forårsaker denne økningen. Det kan for eksempel være en annen oljetype som spiller inn, med et annet innhold av tilsetninger, lengden på intervall på samme motorolje, eller rester etter innkjøring av motoren. Traktoren er en Fendt 211. Her lønner det å følge med på videre utvikling.



Figur 16: Fe i motoroljen til XW6991, (Excel, 2019).

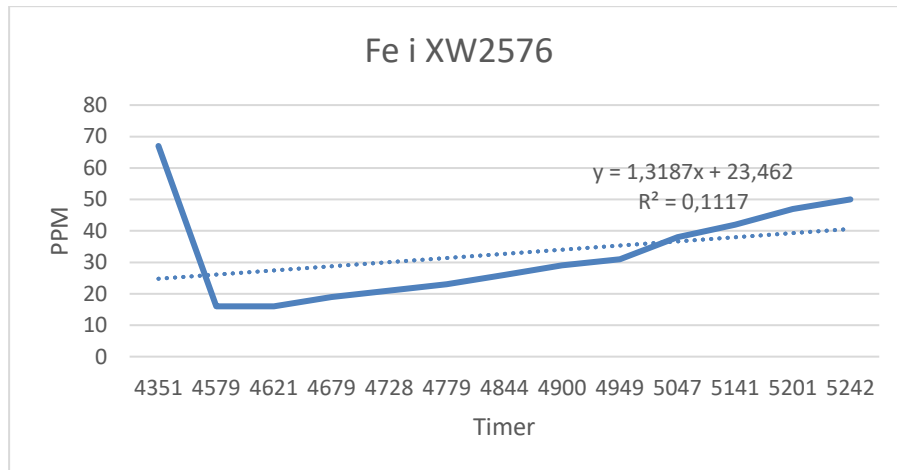
Figur 16 viser mengden Fe i motoroljen til XW6991, og dette er en Massey Ferguson 6715. Trenden for denne traktoren er en nedgang i Fe-mengde i motoroljen igjennom perioden, men man ser en topp mot slutten av prosjektet. Her ble nok oljen skiftet igjen, men nivåene holdt seg lave på målingene etter oljeskiftet.



Figur 17: Fe i motoroljen til XW2593, (Excel, 2019).

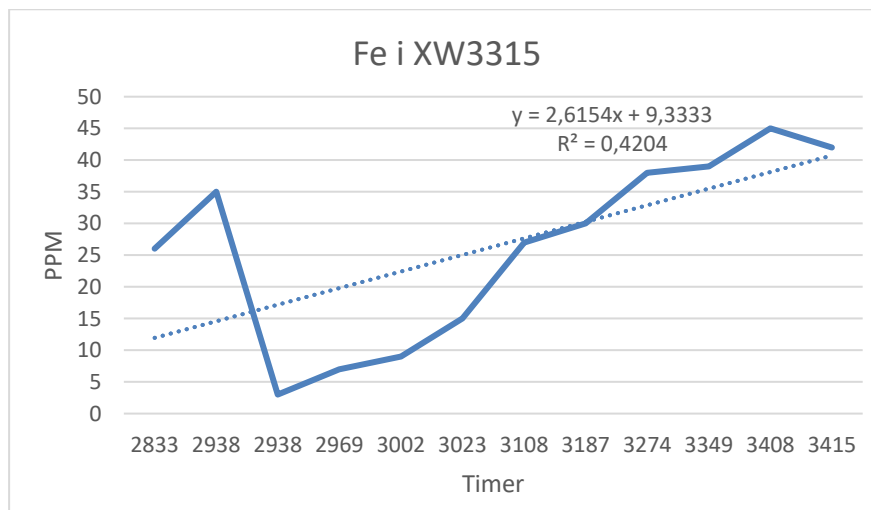
Figur 17 viser grafen for XW2593, og dette er en Massey Ferguson 7624. Her kan man se en økende trend gjennom perioden, men ser man på grafen er den ganske stabil. Det er ikke kritiske verdier for motoren enda, men ser man på timetallet har traktoren blitt kjørt over 1000

timer på samme motorolje. Andelen Fe i olje vil øke jevnt etter hvert som oljen er i alle motorer, da dette er partikler som slites av under normal drift vanligvis. Tiden mellom oljeskift er derfor viktig å ta hensyn til ved vurdering av grafene. Hadde grafen nådd høyere verdier, og vært bråere hadde det vært kritisk. Men dette er verdier som er innenfor akseptable verdier på traktormotorer.



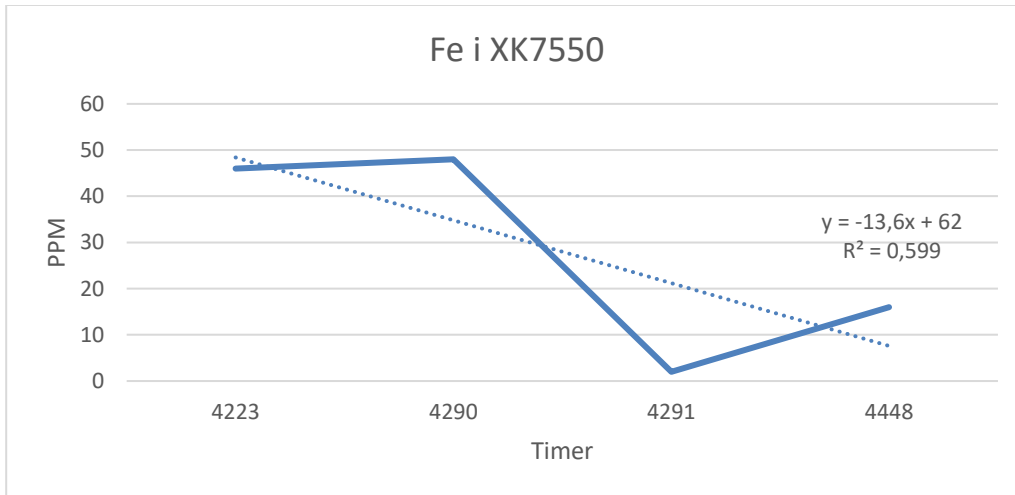
Figur 18: Fe i motoroljen til XW2576, (Excel, 2019).

Figur 18 viser Fe i motoroljen til XW2576 igjennom prosjektet, og traktoren er en Massey Ferguson 5450. Verdiene var nokså høye i starten av prosjektet, men falt mye etter oljeskiftet. Trenden her er en svak stigning i verdier, men det er ikke på et nivå som er farlig for motoren. Dette er naturlig som på forrige traktor.



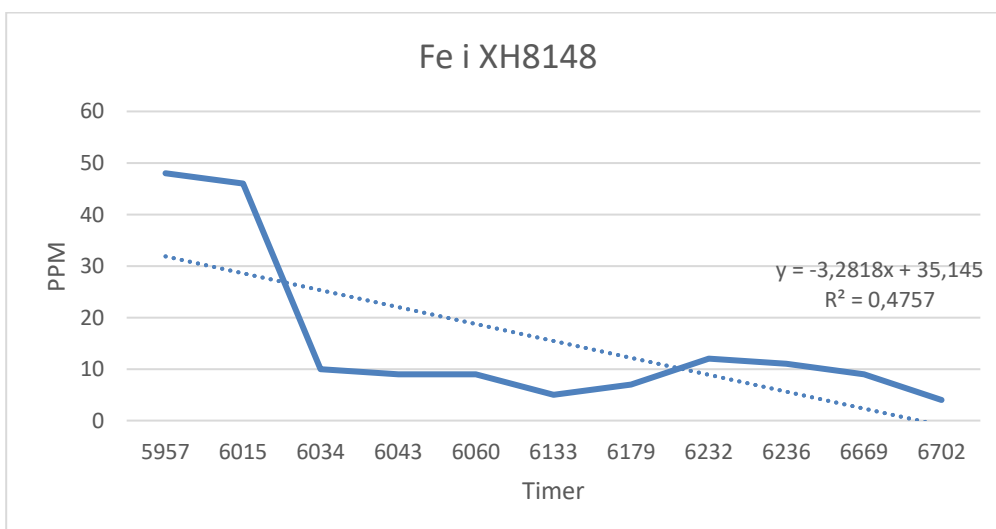
Figur 59: Fe i motoroljen til XW3315, (Excel, 2019).

Figur 19 viser grafen for XW3315, og dette er en John Deere 6125R. Trenden her er en økning i verdier, men ikke til et farlig nivå innenfor tiden traktoren var med i prosjektet. Man kan se at nivået falt betraktelig etter oljeskiftet i starten før det stiger jevnt. Mange faktorer, som nevnt på andre traktorer, kan spille inn også på denne trenden.



Figur 206: Fe i motoroljen til XK7550, (Excel, 2019).

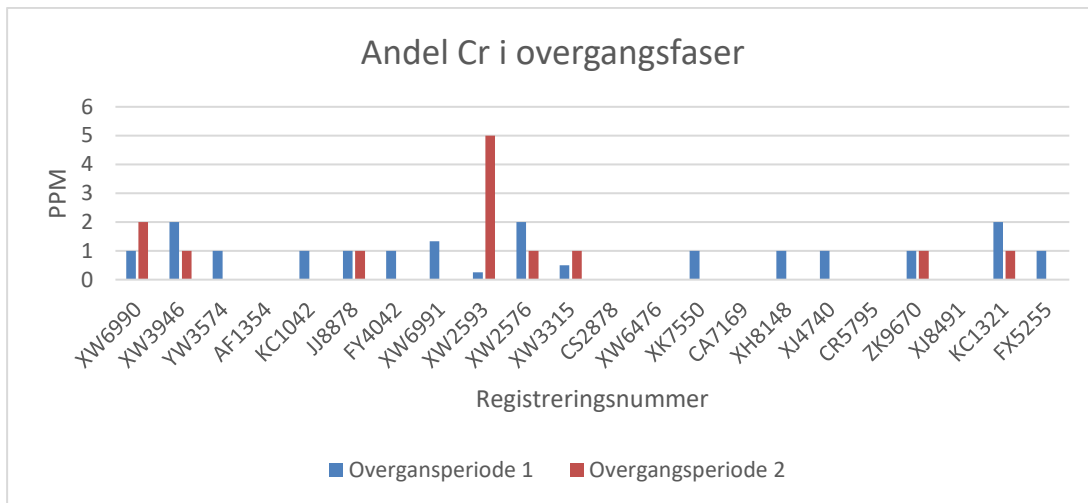
Figur 20 viser grafen for XK7550, og denne viser en sterkt negativ trend etter oljeskiftet i starten. Dette er en meget positiv trend for denne traktoren, og man er på et punkt nesten uten noe spor av Fe i olja. Denne traktoren er en John Deere 6210R. Man kan legge merke til at det er lite datagrunnlag for denne traktoren, noe som er en feilkilde. Det hadde vært ønskelig med flere data, og dette gjelder også på andre traktorer som var med i prosjektet. To timetall er nesten like, da de ble tatt før og etter oljeskiftet.



Figur 21: Fe i motoroljen til XH8148, (Excel, 2019).

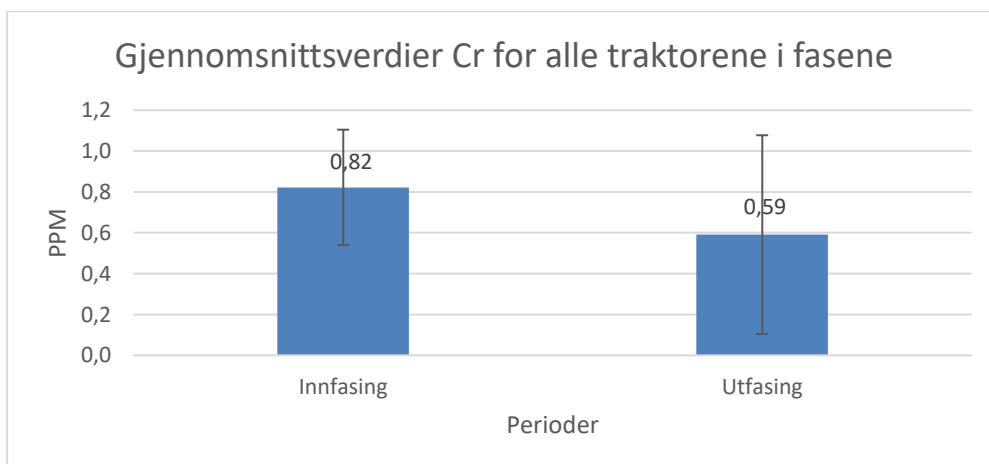
Figur 21 viser grafen for Fe i motoroljen til XH8148, som er en John Deere 6310. Denne traktoren hadde en negativ trend for Fe i motoroljen, noe som er positivt for drivstoffet. Etter oljeskiftet ble nivået av Fe i oljen forholdsvis stabilt igjennom resten av prosjektet, med lave verdier.

7.1.5 Gjennomsnittsmålinger av Cr



Figur 22: Gjennomsnittsmålinger for Cr for alle traktorene, (Excel, 2019).

På Figur 22 ser man alle traktorene i prosjektet sine verdier av Cr. Trenden her er at ingen traktorer får kritiske verdier igjennom prosjektet, og hadde heller ikke kritiske nivåer da prosjektet startet. Noen traktorer stiger litt i nivå igjennom prosessen, med dette er ikke farlige økninger. Men XW2593 skiller seg ut, og blir forklart senere i oppgaven. Selv ikke denne traktoren har et nivå som tyder på at motoren går i oppløsning.

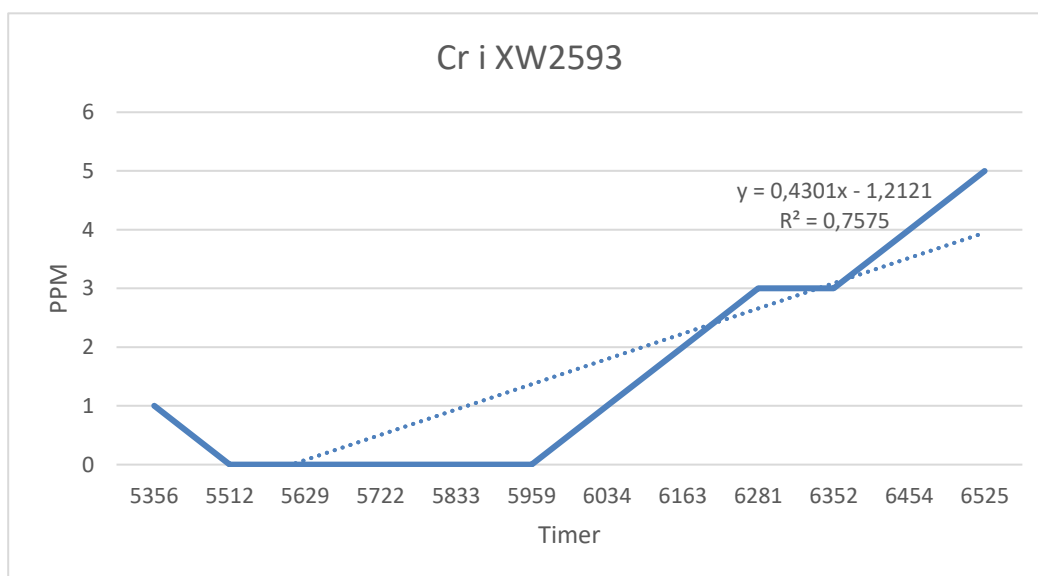


Figur 73: Gjennomsnittsmålinger for traktorene samlet ved innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

Figur 23 viser gjennomsnittsmålingene for alle traktorene ved innfasing og utfasing, og her er det tydelig gjennom prosjektet at trenden er at nivået av Cr i oljen reduseres. Dette er et positivt resultat, og man ser at nivået ved utfasing er på under 2/3 av det opprinnelige nivået før man skiftet drivstoff. Da en traktor hadde noe høyere verdier når prosjektet ble avsluttet fikk man et større avvik når prosjektet ble avsluttet.

7.1.6 Traktor som har nivå av Cr som stikker seg ut:

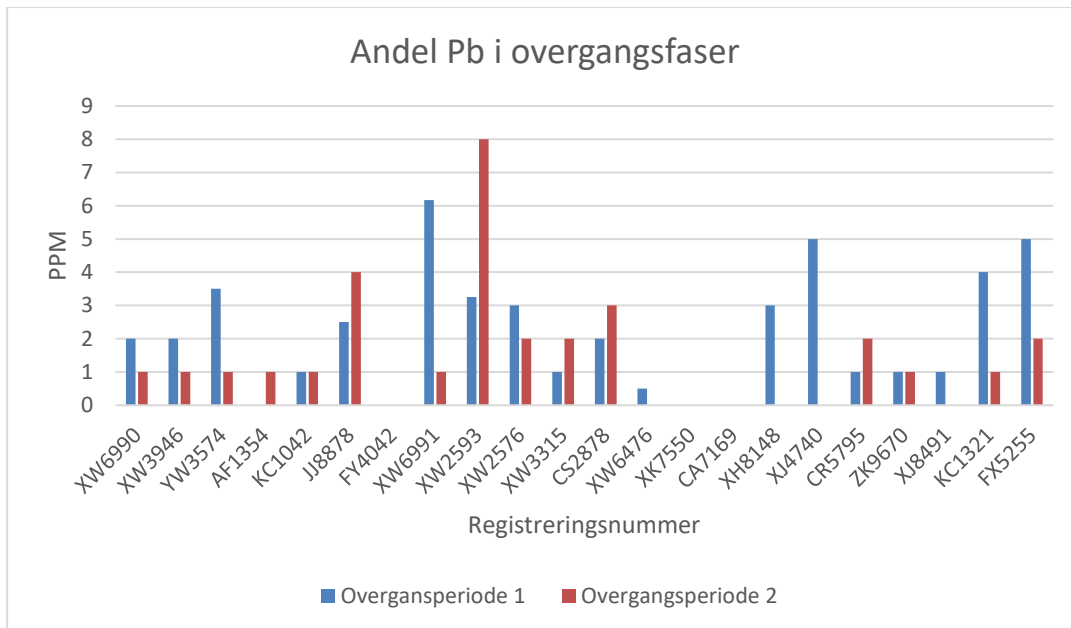
Det var kun en traktor som skilte seg ut på målingene av Cr:



Figur 84: Cr i motoroljen for XW2593, (Excel, 2019).

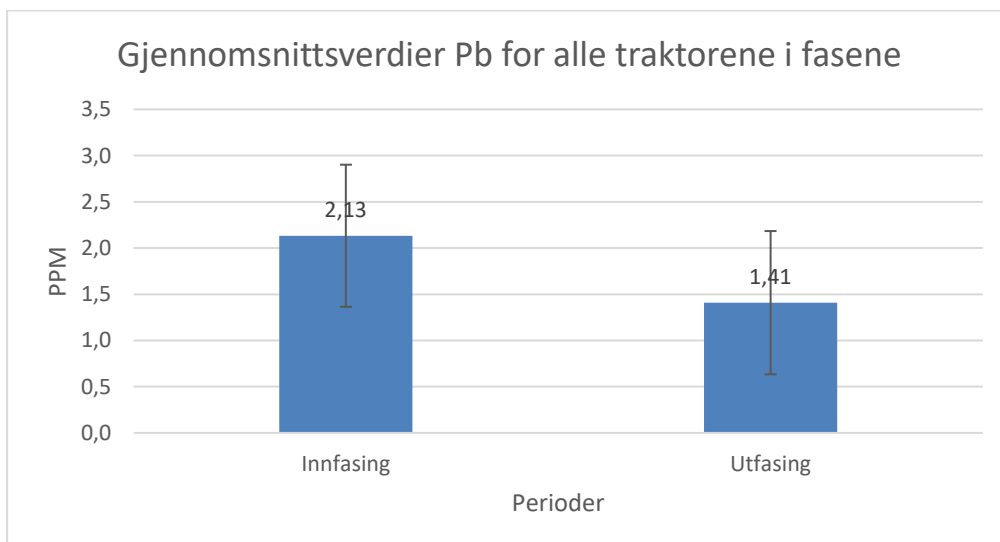
Figur 24 viser grafen for Cr i motoroljen til XW2593, som er en Massey Ferguson 6715. Denne traktoren er den eneste traktoren som har økende verdier gjennom prosjektet. Trenden er altså positiv, som vil si at den er negativ med tanke på utviklingen gjennom prosjektet. Dette kan ha noe å gjøre med drivstoffets smøreegenskaper, eller at det er andre tilsetninger i denne motoroljen enn i andre oljer. Uansett årsak er ikke disse verdiene farlige enda, men da grafen er såpass bratt kan man lure på hva det kommer av. Man ser også at det er på tide med en ny service snart på traktoren, da den har gått over 1000 timer etter den ble med i prosjektet.

7.1.7 Gjennomsnittsmålinger av Pb



Figur 25: Gjennomsnittsmålinger for Pb hos alle traktorene, (Excel, 2019).

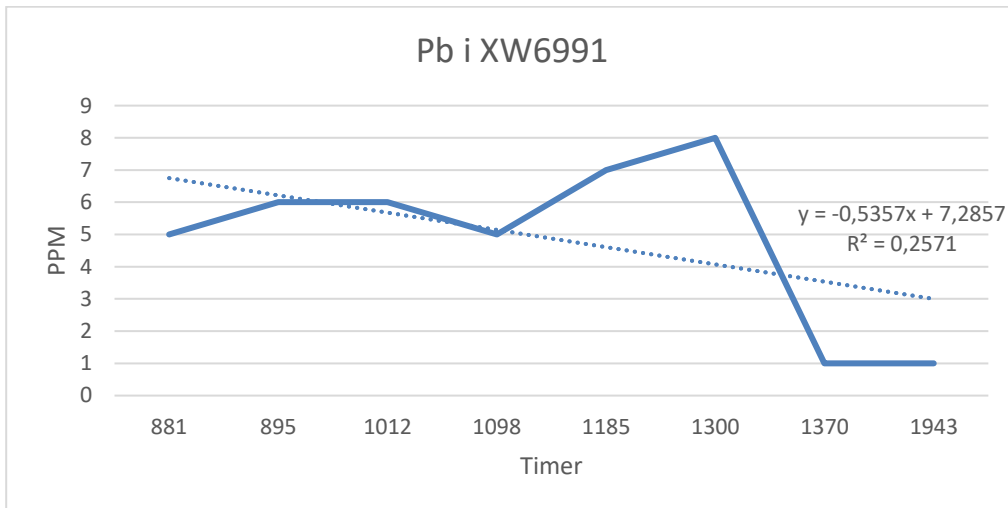
Figur 25 viser gjennomsnittsmålinger for alle traktorene for Pb i motoroljen, og ser man nærmere på søylene ser man at trenden er positiv for drivstoffet. Det vil si at stort sett er trenden at nivåene av Pb i motoroljen mindre ved utfasingen av biodiesel enn ved innfasingen, eller tilnærmet stabil gjennom prosjektperioden. Det man ser av høye verdier er ikke farlige verdier for motorene, men vi ser nærmere på de som har verdier fra og med 5 PPM.



Figur 26: Gjennomsnittsverdier for alle traktorer sett for innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

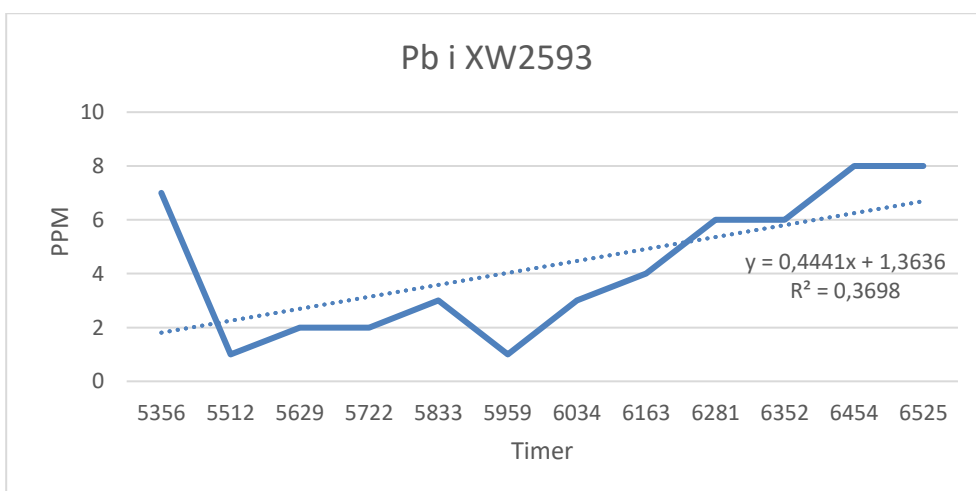
På Figur 26 ser man verdiene for alle traktorene slått sammen for de to fasene, og trenden her er en tydelig nedgang i verdier. Dette er gode resultater for drivstoffet, og positivt for prosjektet.

7.1.8 Traktorer som har nivå av Pb fra og med 5 PPM:



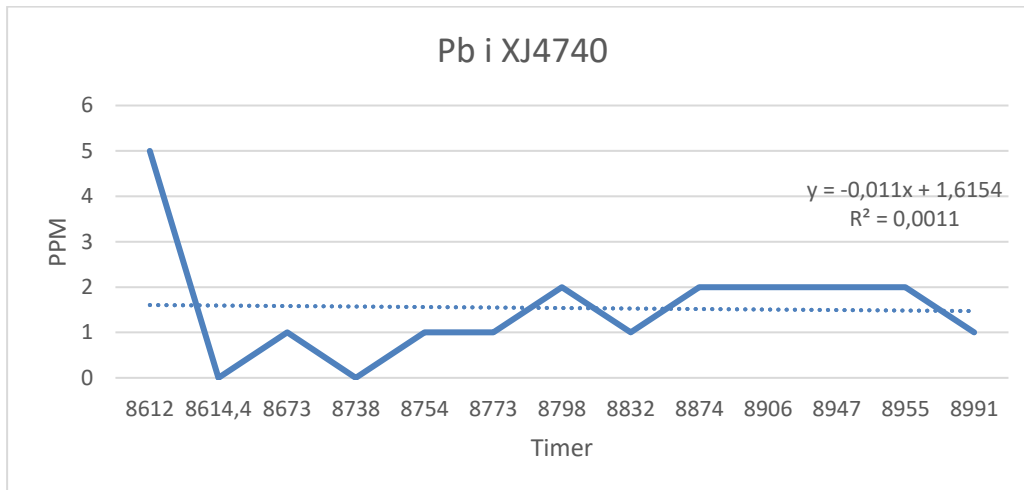
Figur 27: Pb i motoroljen til XW6991, (Excel, 2019).

Figur 27 viser nivåene av Pb, bly, i motoroljen hos XW6991. Dette er en Massey Ferguson 6715. Som man kan se av formelen er trenden en tydelig nedgang igjennom prosjektet, og dette er en positiv trend for drivstoffet. Man kan se at det er en økning i verdier igjennom prosjektet til det når en topp, og deretter faller nivået betraktelig. Nivået når ikke farlige verdier. Fallet i verdier kommer nok av at traktoren da hadde gått rundt 500 timer siden forrige oljeskift, og derfor ble det skiftet olje på traktoren igjen.



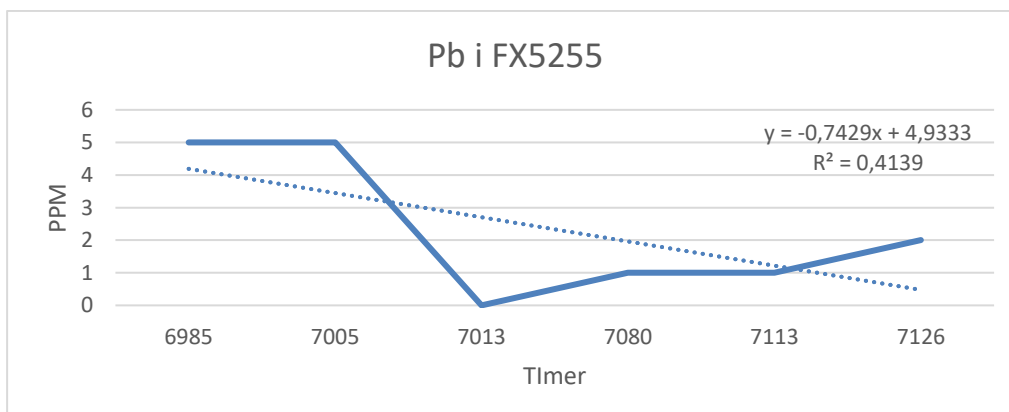
Figur 98: Pb i motoroljen til XW2593, (Excel, 2019).

Figur 28 viser verdiene for XW2593, som er en Massey Ferguson 7624. Denne traktoren har en svak positiv trend der verdiene øker av Pb igjennom prosjektet. Ved starten av prosjektet ser man at verdien faller etter oljeskiftet, og etter dette øker nivået Pb i oljen nokså jevnt igjennom prosjektet. Verdiene er ikke farlige for motoren, og man kan se at traktoren har gått over 1000 timer på samme motorolje. Det vil si at det mest sannsynlig er på tide med et nytt oljeskift. Verdiene er ikke høye, og da verdiene øker igjennom prosjektet kan man si at dette er en naturlig utvikling.



Figur 109: Pb i motoroljen til XJ4740, (Excel, 2019).

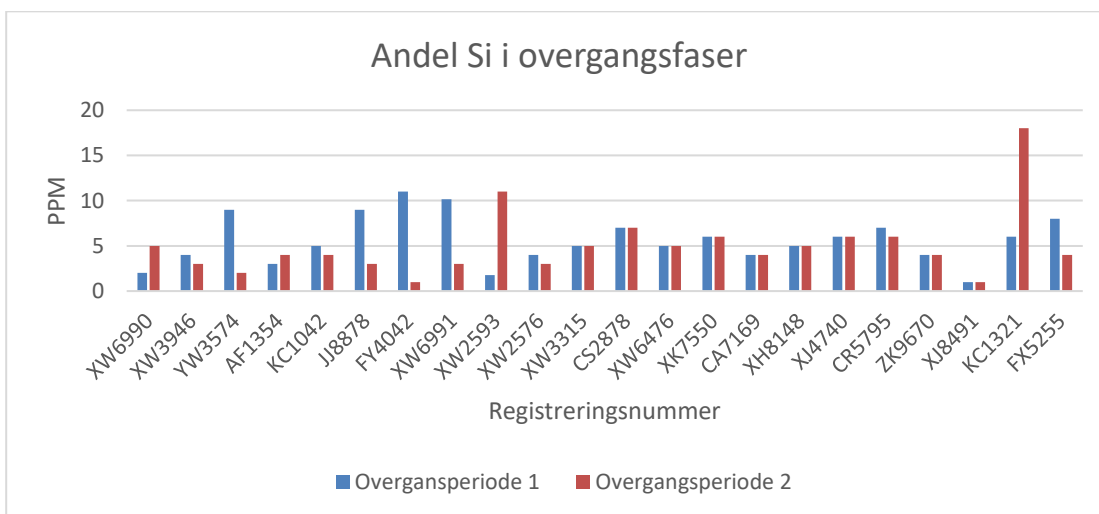
Figur 29 viser utviklingen til XJ4740 sitt nivå av Pb igjennom prosjektet. Dette er en John Deere 6420, og hos denne traktoren kan man se av formelen at trenden er svakt negativ. Dette er et positivt resultat. I starten at prosjektet ser man et ganske stort fall etter et oljeskift, og verdiene stiger nesten ikke etter dette gjennom prosjektet. Traktoren har heller ikke gått veldig mange timer i perioden, men nivået ser ut til å ville stabilisere seg mellom 1-2 PPM.



Figur 30: Pb i motoroljen til FX5255, (Excel, 2019).

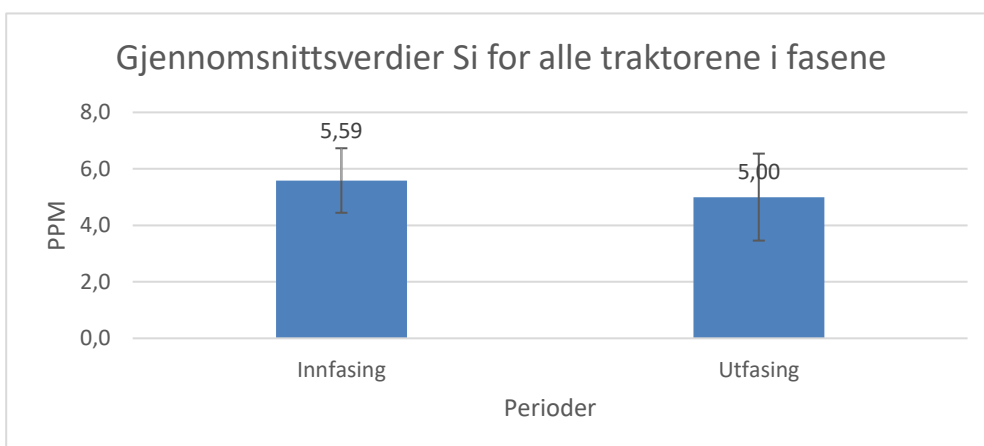
Figur 30 viser nivået av Pb i motoroljen til FX5255, og dette er en Valmet 8150. Av formelen kan man se en negativ trend for verdiene, noe som er positivt for drivstoffet. Etter oljeskiftet på motoren i starten av prosjektet ser man at nivået i motoroljen av Pb har holdt seg lavt. Det har hatt en jevn slak økning, og dette samsvarer med normal slitasje. Traktoren har ikke gått mange timer i prosjektet med biodiesel på tanken, noe som kan føre til lite datagrunnlag å konkludere ut fra for traktoren.

7.1.9 Gjennomsnittsmålinger av Si



Figur 31: Gjennomsnittsmålinger av Si for alle traktorene, (Excel, 2019).

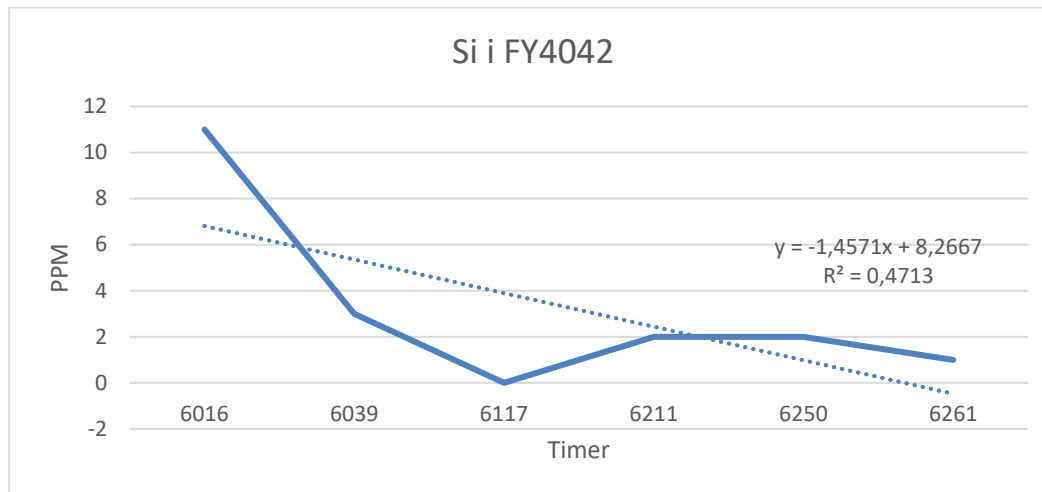
Figur 31 viser gjennomsnittsmålingene av Si for alle traktorene for de to overgangsperiodene. Ut fra søylene kan man se at trenden er enten en stabilisering i Si-nivået i motoren, eller en nedgang generelt. Verdiene er nokså lave. Noen få traktorer skiller seg ut, og derfor ser vi nærmere på traktorene med verdier som er fra og med 10 PPM.



Figur 112: Gjennomsnittsverdier for alle traktorene for innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

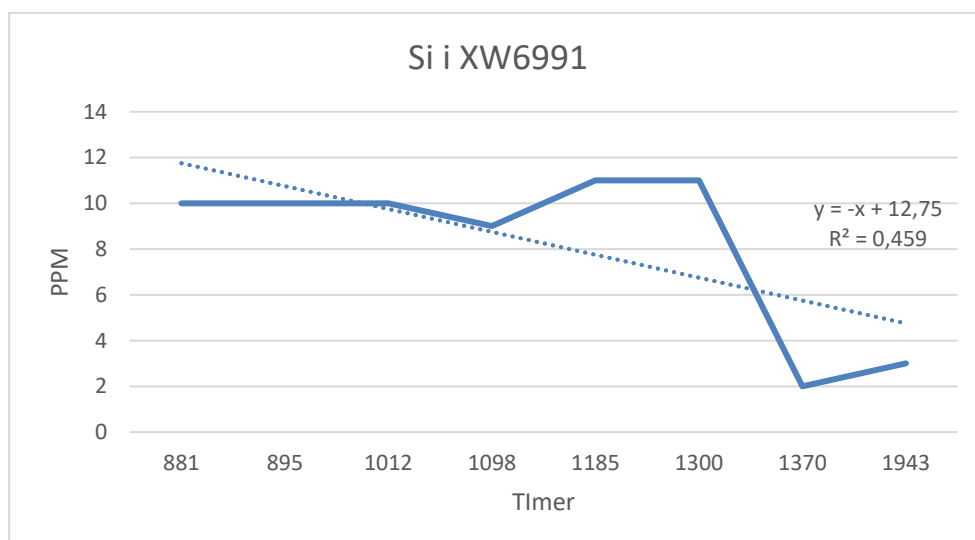
På Figur 32 ser man at trenden i gjennomsnitt for alle traktorene er en svak nedgang i verdier for Si, men avviket mellom traktorene øker litt. Nedgangen er positiv for drivstoffet.

7.1.10 Traktorer som har nivå av Si fra og med 10 PPM:



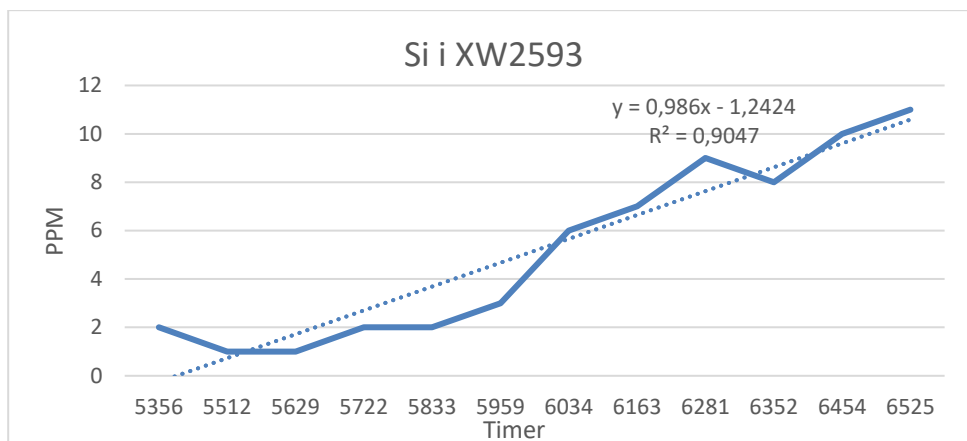
Figur 33: Si i motoroljen til FY4042, (Excel, 2019).

Figur 33 viser nivået av Si i motoroljen på FY4042, og dette er en John Deere 6520. Av formelen kan man se en negativ trend i verdier, og dette er en positiv utvikling. Man ser av nivået i motoroljen faller etter oljeskiftet før det sakte stiger litt igjen. Dette samsvarer med normal slitasje, og man må legge merke til at traktoren samtidig ikke har gått mange timer etter oljeskiftet enda. Dette kan være en feilkilde, og man burde hatt et lengre tidsspenn.



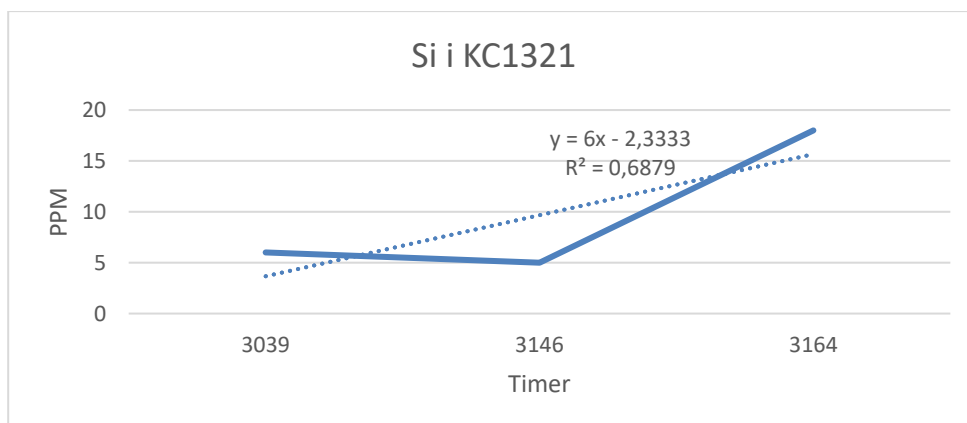
Figur 34: Si i motoroljen til XW6991, (Excel, 2019).

På Figur 34 kan man se en negativ trend for Si i motoroljen til XW6991, og dette er en Massey Ferguson 6715. Dette er da en positiv utvikling. Man kan se at nivået holder seg lenge nokså stabilt i motoroljen igjennom prosjektet før det faller en del. Dette vil nok si at oljen ble skiftet på motoren nokså sent i prosjektet, men nivået steg lite etter oljeskiftet. Utviklingen på motoren ser nokså normal ut, og er dermed ufarlig.



Figur 125: Si i motoroljen til XW2593, (Excel, 2019).

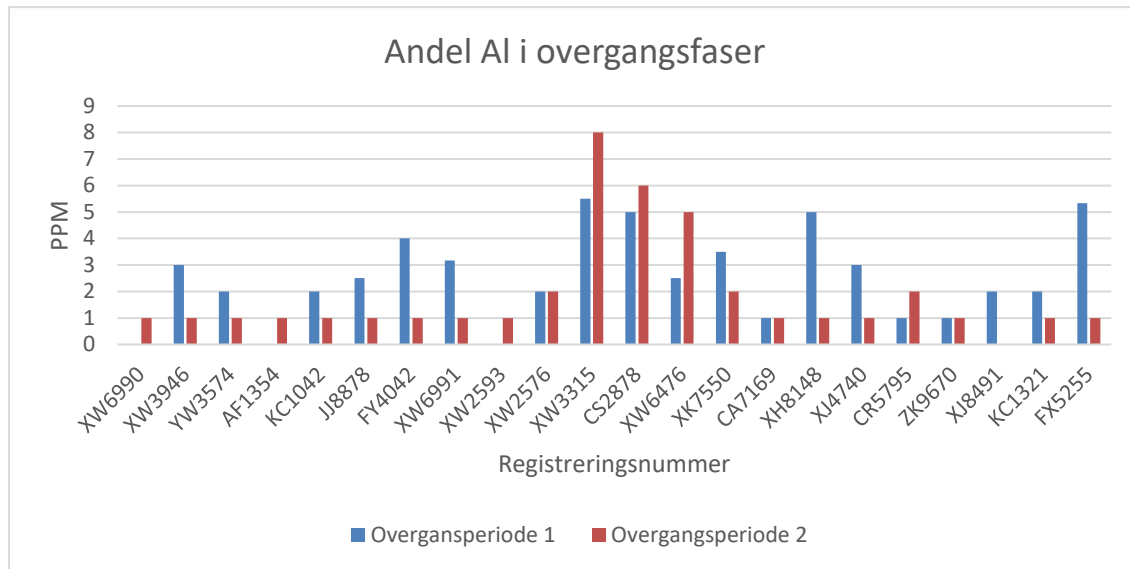
Figur 35 viser utviklingen av Si for XW2593, og dette er en Massey Ferguson 7624. Formelen viser en svak positiv trend i verdier for traktoren, og av timetallet kan man se at traktoren har gått nærmere 1200 timer i prosjektet. Man ser ingen brå fall i nivåene på motoren, og derfor ble nok ikke motoroljen skiftet mer enn én gang på andre måling i prosjektet. Derfor er nok traktoren klar for oljeskift igjen etter 1000 arbeidstimer, men nivået er ikke farlig høyt for motoren enda. Den jevne stigningen over tid ser ut til å gi en normal jevn økning i verdier. For formelen spiller det også inn at motoroljen som var på traktoren da prosjektet startet var nokså fri for forurensninger.



Figur 136: Si i motoroljen til KC1321, (Excel, 2019).

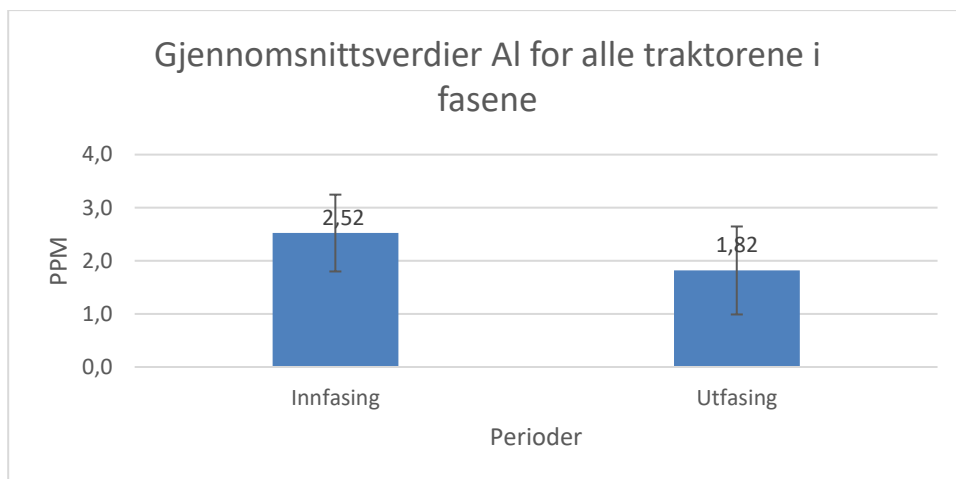
Figur 36 viser nivået av Si i motoroljen til KC1321, og dette er en New Holland TS 110. Av formelen og grafen ser man en positiv trend der verdiene av Si i oljen stiger. Dette er normalt med økte antall driftstimer, men her har man få målinger over få arbeidstimer. Traktoren når ikke farlige nivå gjennom prosjektet for motoroljen, men man kan følge med på videre utvikling.

7.1.11 Gjennomsnittsmålinger av Al



Figur 147: Gjennomsnittsmålinger av Al for alle traktorene, (Excel, 2019).

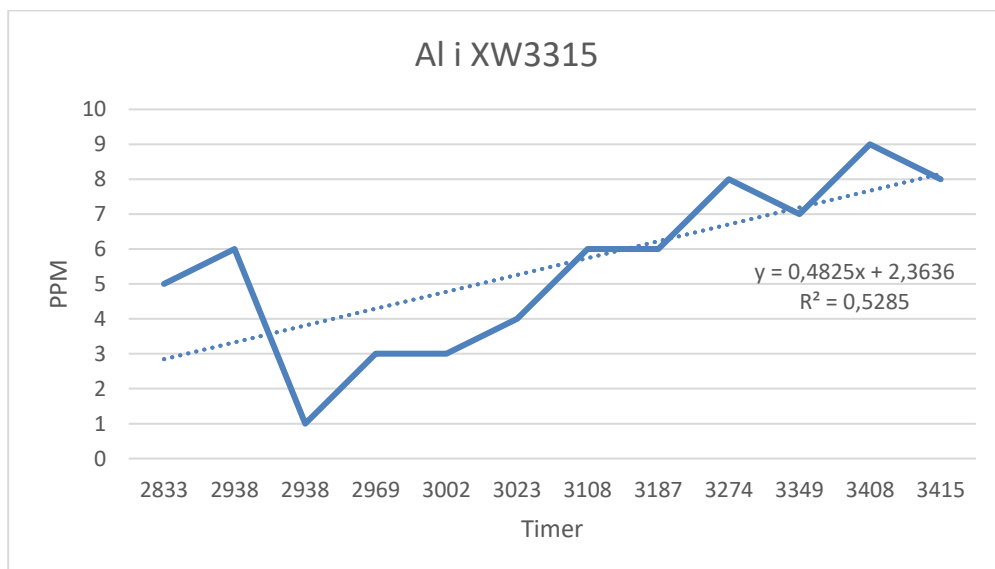
Figur 37 viser søylene for traktorenes målinger av Al i motoroljen i de to overgangsfasene. Ser man nærmere på grafene er det stort sett en nedgang i verdier, og noen traktorer har over halvert mengden Al i oljen. Dette er en positiv trend for prosjektet. Noen traktorer skiller seg ut, og de med verdier fra og med 5 PPM ser vi nærmere på. Ingen traktorer når farligere verdier, men vi ser at noen har en økning i verdier når prosjektet er ferdig. Dette kan ha flere forklaringer enn drivstoffets egenskaper.



Figur 158: Gjennomsnittsverdier av AI sett for alle traktorer i innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

Figur 38 viser gjennomsnittsverdiene av AI for alle traktorer samlet, og her ser man nesten en halvering i verdier ifra innfasing til utfasing. Dette er en positiv trend for prosjektet, men feilkildene indikerer at noen traktorer skiller seg ut.

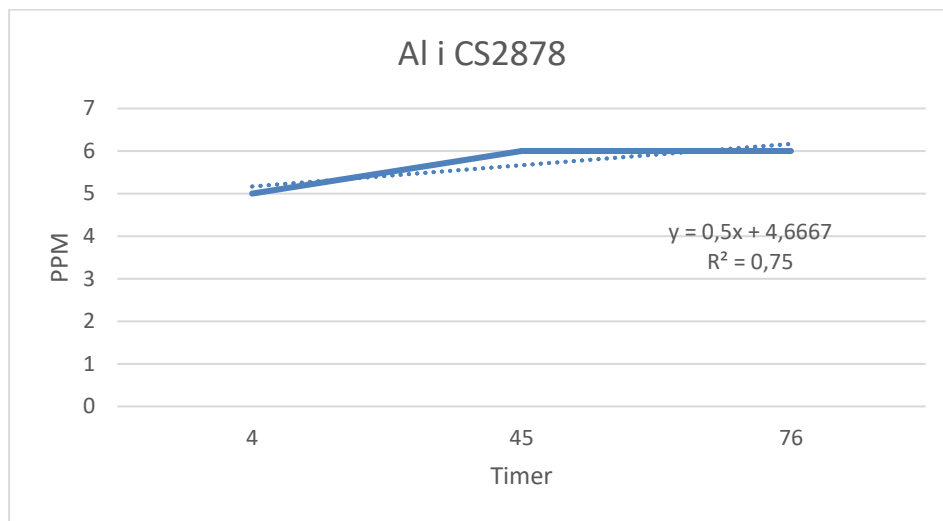
7.1.12 Traktorer som har nivå av AI fra og med 5 PPM:



Figur 169: AI i motoroljen til XW3315, (Excel, 2019).

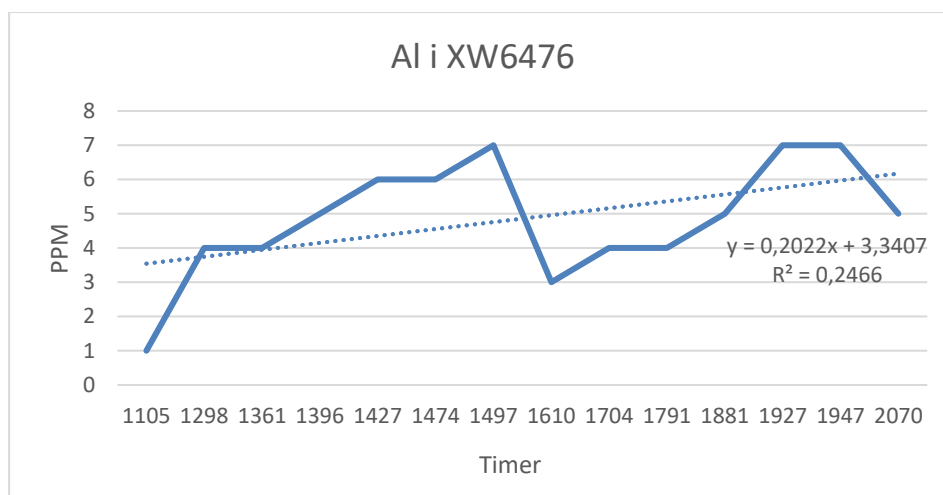
Figur 39 viser verdiene av AI i motoroljen til XW3315, som er en John Deere 6125R. Trenden her er, som formelen viser, en svak positiv økning i verdier i motoroljen. Av grafen kan man se at nivået faller i starten ved oljeskift før de øker jevnt. Dette er en utvikling som er normal med tanke på at mengden slitasjemetaller i oljen øker i takt med timetallet. Traktoren har gått

rundt 500 timer på samme motorolje, og har ikke nådd kritiske verdier innenfor tiden traktoren har gått på biodiesel.



Figur 40: Al i motoroljen til CS2878, (Excel, 2019).

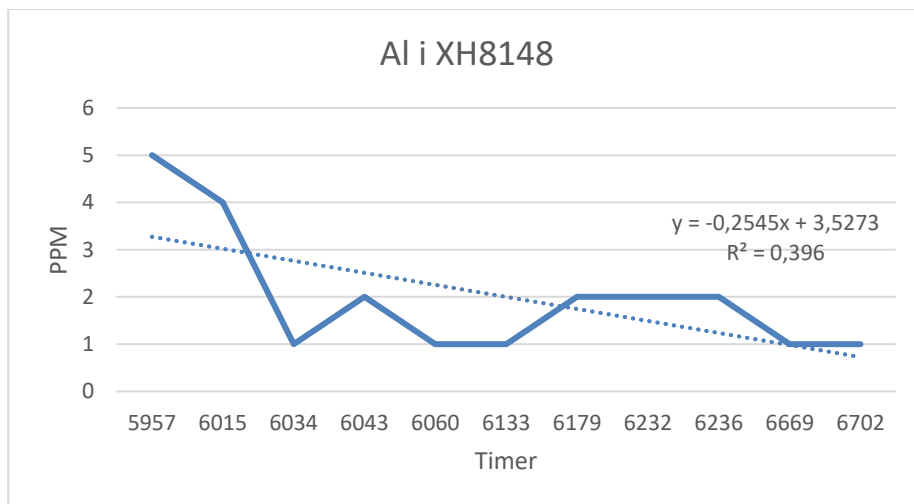
Figur 40 viser andelen Al i motoroljen til CS2878, og dette er en John Deere 6130R. Traktoren har gått lite timer i prosjektet, og det er tatt få målinger. Dette er feilkilder, samtidig som motoren også er ny. Forklaringen i økte verdier kan komme som følge av innkjøringsfasen på motoren, og kunne jevnet seg ut etter hvert over en lengre periode. Trenden er altså en svak økning i verdier på motoren, som man ser av formelen, men disse verdiene er ikke farlige/kritiske.



Figur 41: Al i motoroljen til XW6476, (Excel, 2019).

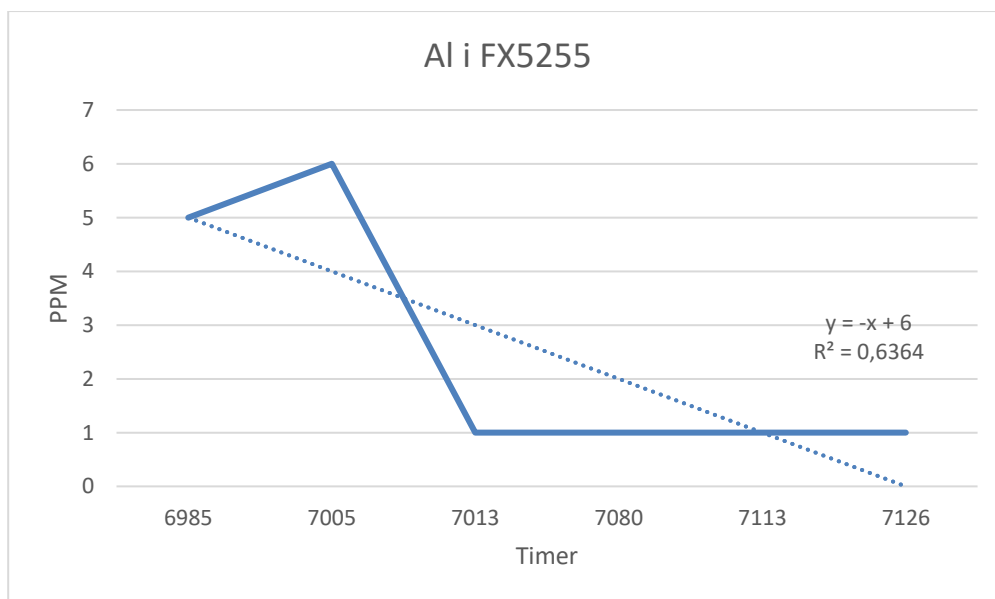
Figur 41 viser andelen Al i motoroljen til XW6476, og dette er en John Deere 6130R. Traktoren har en svak positiv trend i prosjektet, og har også gått nærmere 1000 timer totalt på

biodiesel. Av grafen ser man at grafen fikk et fall midt i prosjektet, som vil si at traktoren gikk på motorolje som muligens ble skiftet når prosjektet startet. Det ble nok også gjort et oljeskift i slutten av prosjektet. Grafen stiger nokså jevnt etter oljeskiftene, og når ikke farlige/kritiske verdier. Dette er en naturlig utvikling for en motor.



Figur 172: Al i motoroljen til XH8148, (Excel, 2019).

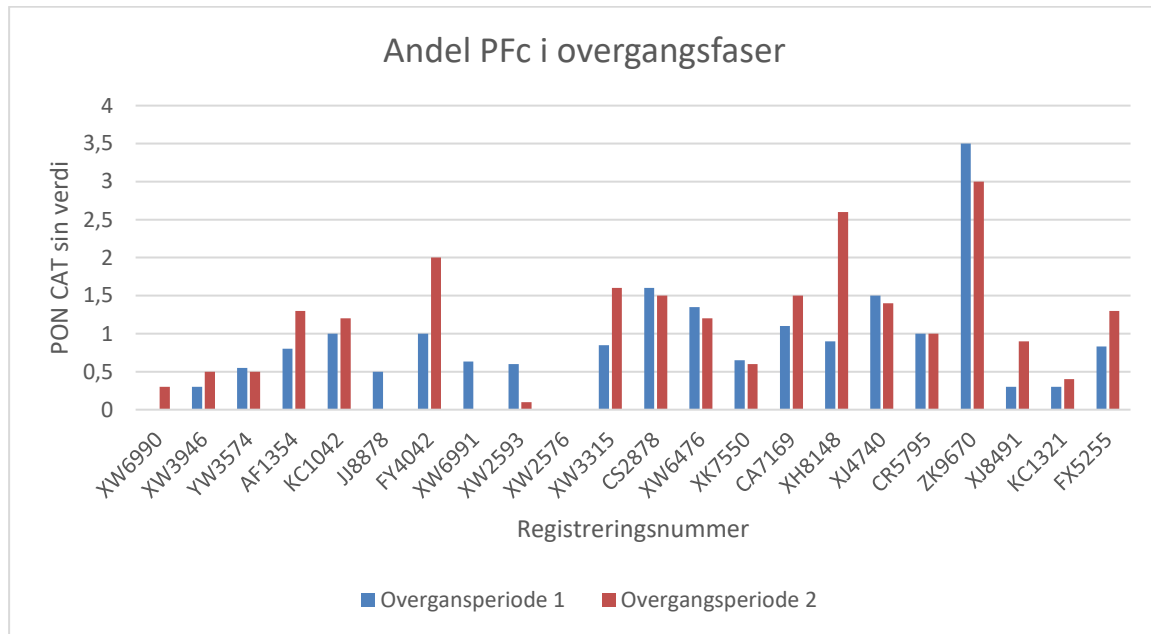
Figur 42 viser andelen Al i motoroljen til XH8148, og dette er en John Deere 6310. Grafen viser en svak negativ trend for motoren igjennom prosjektet, noe som er en positiv utvikling for prosjektet. I starten av prosjektet faller nivået betraktelig ved oljeskiftet som ble gjort, og holder seg nokså lave etter dette.



Figur 183: Al i motoroljen til FX5255, (Excel, 2019).

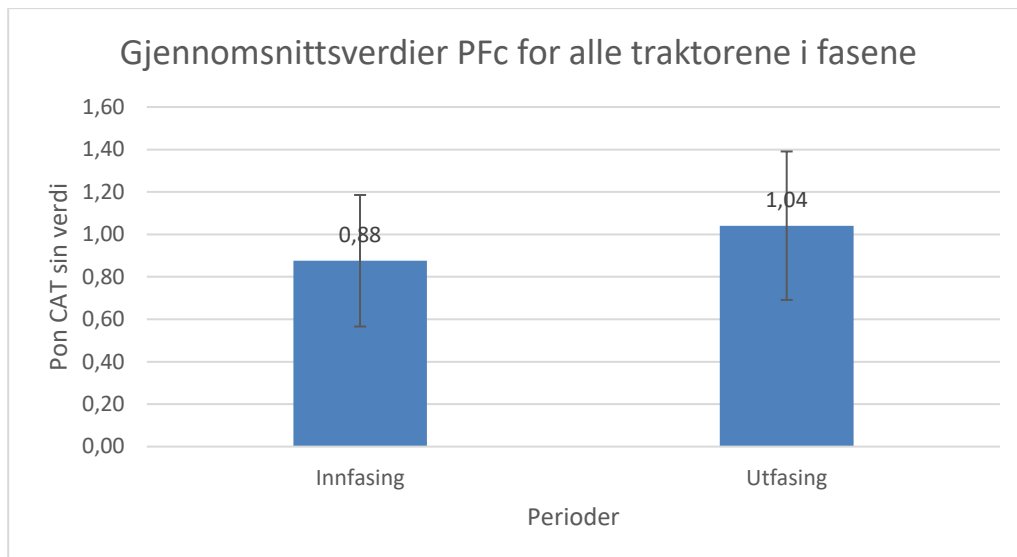
Figur 43 viser andelen Al i motoroljen til FX5255, som er en Valmet 8150. Her ser man en tydelig negativ trend av verdier etter oljeskiftet, og dette er positivt for prosjektet. Traktoren har gått få timer etter oljeskiftet, men utviklingen i denne perioden ser veldig bra ut.

7.1.13 Gjennomsnittsmålinger av PFC



Figur 194: Gjennomsnittsmålinger av PFC for alle traktorer, (Excel, 2019).

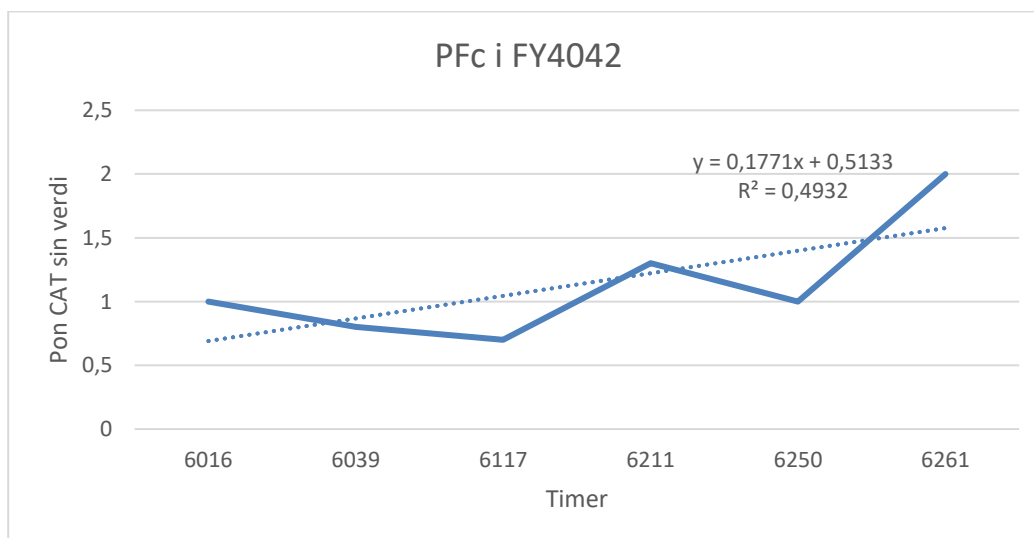
Figur 44 viser gjennomsnittsmålinger av PFC for alle traktorene, der PFC står for Percent Fuel content. Dette har med viskositeten og tettheten til drivstoffet å gjøre, og hvor lett dette drivstoffet trenger seg inn i motoroljen gjennom for eksempel klaringer i dieselpumper. I dieselpumpene skal drivstoffet ofte smøre komponentene, og er pumpen slitt eller dimensjonert for annet drivstoff kan dieselen komme ut i registeret før det ender opp i bunnpanna. Det samme kan skje for traktorer med mekanisk fødepumpe som drives av en kamaksel, slik at drivstoffet passerer membranen i fødepumpen og går inn i blokka. Trenden over er at PFC er nokså stabil, og vi ser nærmere på traktorer med verdifra og med 2 (Pon CAT har satt sin egen verdi). Det varierer en del mellom hver traktor, der noen svinger litt opp eller ned.



Figur 205: Gjennomsnittsverdier for alle traktorer ved innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

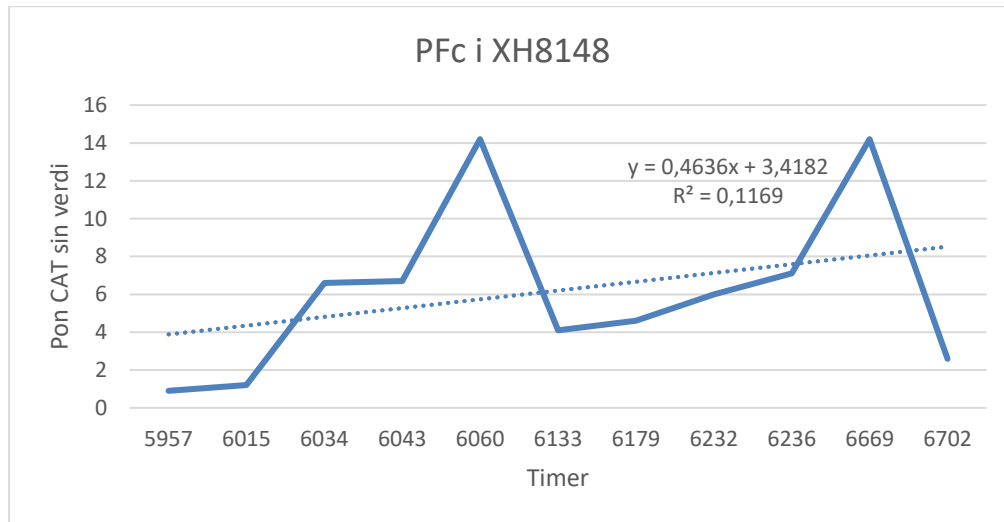
Figur 45 viser en svak økning i verdier av PFC, og dette kan da komme av andre egenskaper hos dieselen som tidligere forklart. Det er variasjoner her, og verdiene er ikke farlig høye. Drivstoffet trenger da lettere inn gjennom slitte motorer eller motorer som har større klaringer fra fabrikk. Viskositeten og tettheten på drivstoffet er altså viktig å ta hensyn til ved dimensjonering av klaringer i nye motorer som kan gå på biodrivstoff, da dette drivstoffet altså er tynnere.

7.1.14 Traktorer som har nivå av PFC fra og med 2:



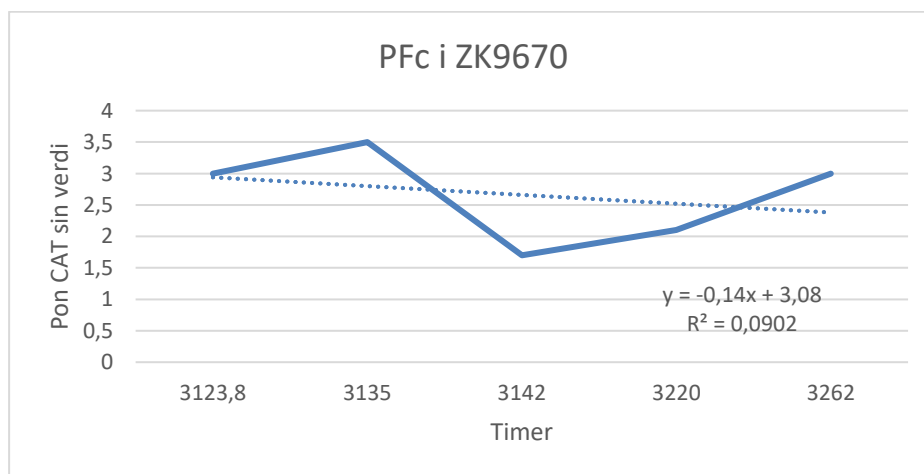
Figur 216: PFC i motoroljen til FY4042, (Excel, 2019).

Figur 46 viser andelen PFC i motoroljen til FY4042, og dette er en John Deere 6520. Her ser man at trenden er en svak økning gjennom prosjektet, men ikke til farlige verdier. Motoren har nok klaringer som tillater at drivstoffet kommer igjennom, noe som ødelegger oljekvaliteten på sikt. Traktoren har gått litt over 200 timer i prosjektet, og denne økningen er ikke farlig enda.



Figur 227: PFC i motoroljen til XH8148, (Excel, 2019).

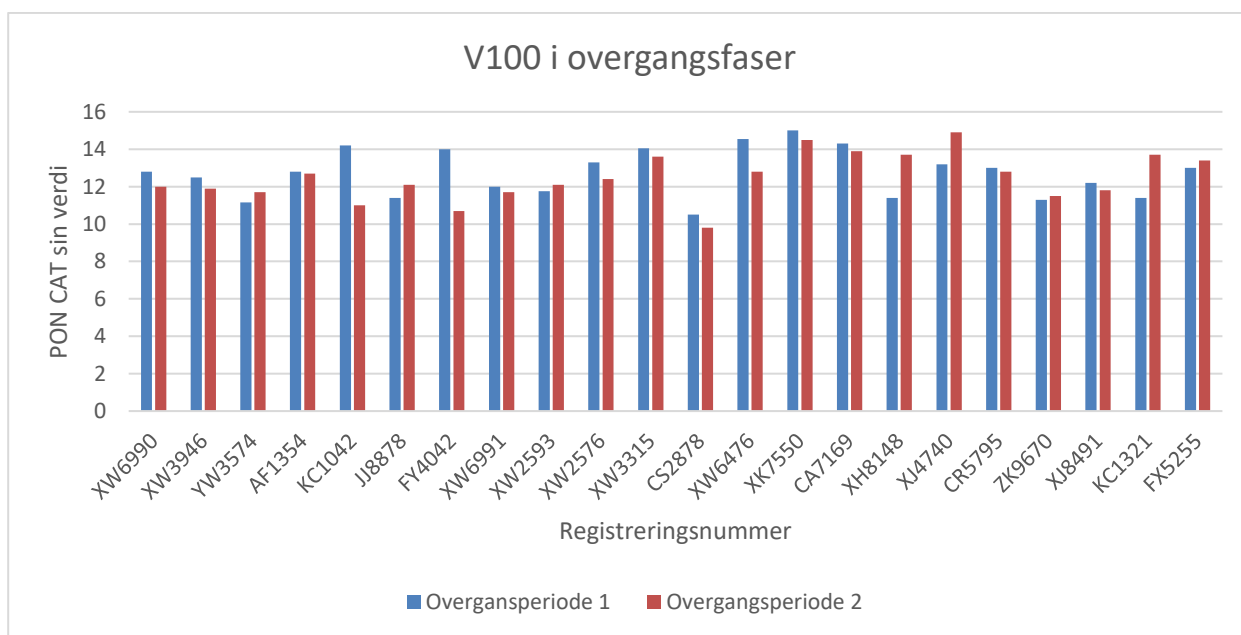
Figur 47 viser andelen PFC i motoroljen til XH8148, og dette er en John Deere 6310. Dette er en eldre traktor, og her er trenden en svak økning av verdier i snitt. Her er det noen nokså høye topper på grafen flere steder, men de er ikke på et farlig nivå enda. Den brå økningen fra prosjektstart tyder på at motoren er nokså slitt i forhold til de andre traktorene, og slipper derfor igjennom en del diesel flere steder. Dette kan ha noe med at denne traktoren er bygd med større klaringer mellom komponenter i for eksempel dieselpumpa.



Figur 238: PFC i motoroljen til ZK6970, (Excel, 2019).

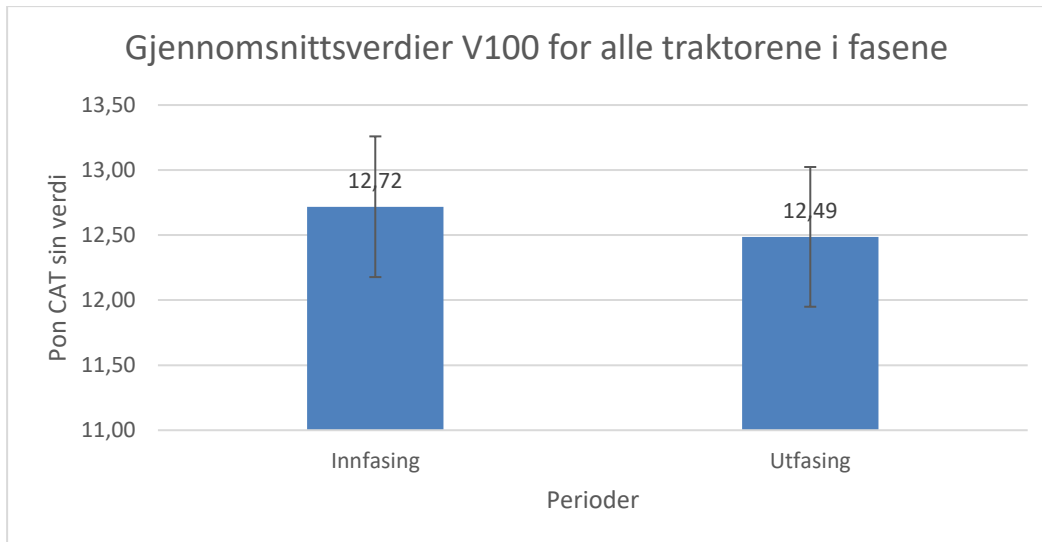
Figur 48 viser PFC i motoroljen til ZK6970, som er en Deutz Fahr Agrottron K 110. Her kan man se en svak negativ trend for motoroljens drivstoffinnhold igjennom prosjektet, og dette er en positiv trend for prosjektet. Traktoren har gått lite timer, og nivået faller noe etter oljeskiftet. Nivået er generelt lavt i motoroljen.

7.1.15 Gjennomsnittsmålinger av V100



Figur 249: Gjennomsnittsmålinger av V100 for alle traktorene, (Excel, 2019).

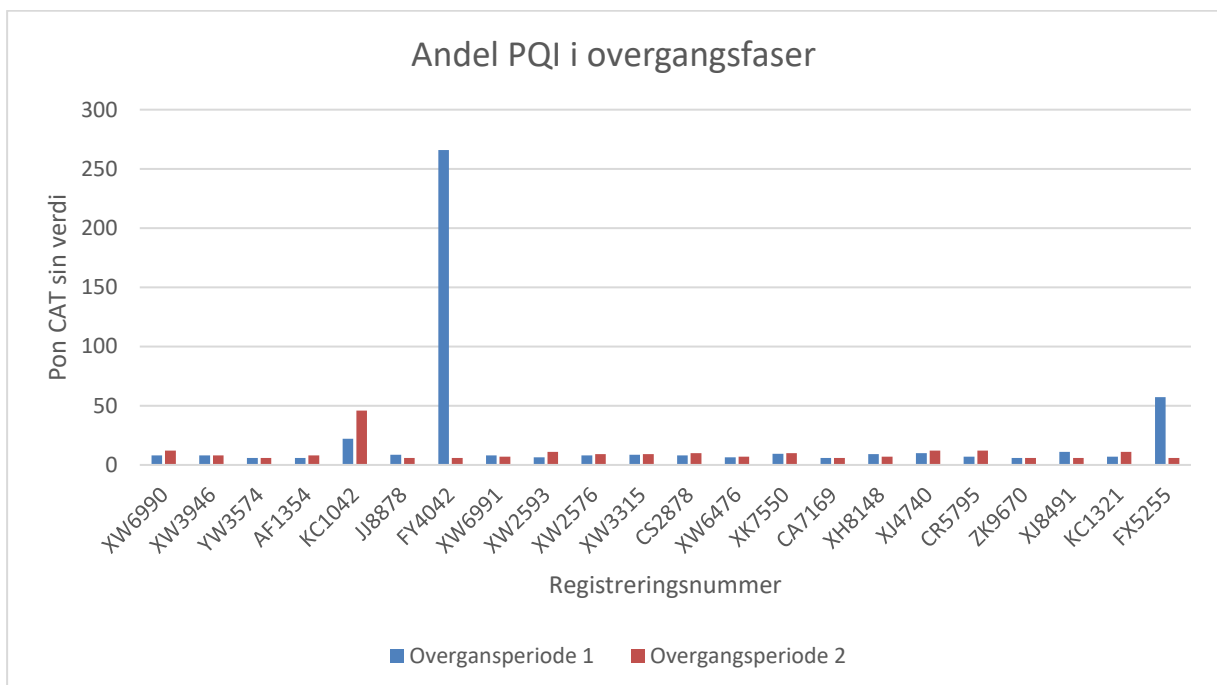
Figur 49 viser V100 på motoroljen hos alle traktorene i gjennomsnitt for de to overgangsfasene. Dette er viskositeten på motoroljen målt ved 100 grader celsius. Her ser man at verdiene holder seg nokså stabile, og at de varierer lite. Det er ingen som skiller seg ut noe betydelig, så derfor er det ingen å se noe nærmere på. Det er en liten nedgang i viskositet som kan henge sammen med økningen av drivstoff som kommer i motoroljen, eller at det har blitt brukt motoroljer av andre viskositeter enn før (feilkilde).



Figur 50: Gjennomsnittsverdier av V100 samlet for innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

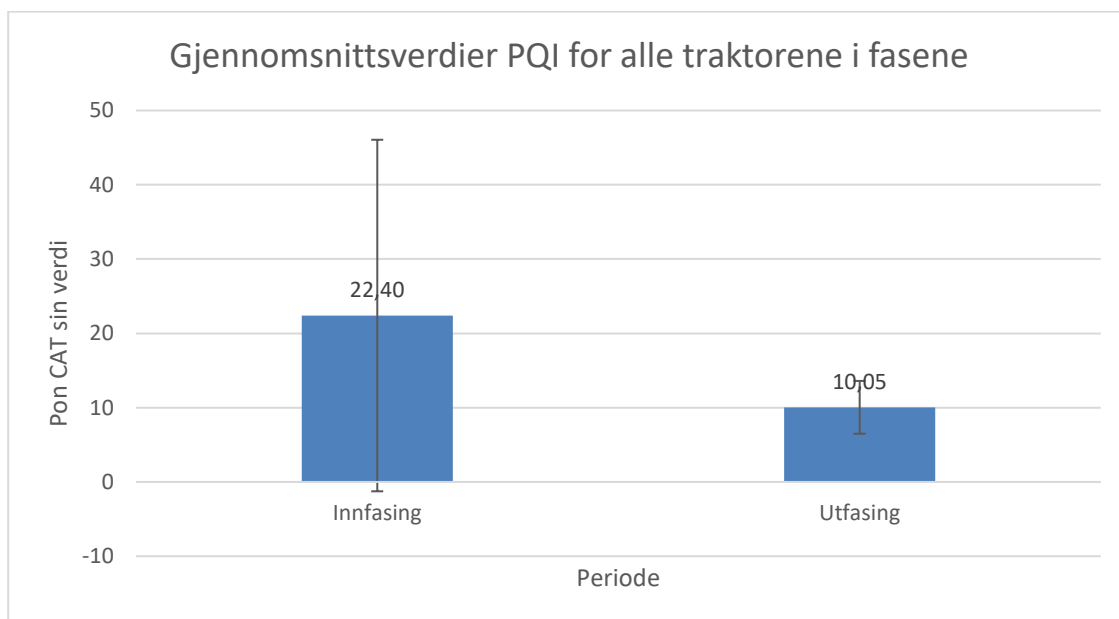
Av søylene over på Figur 50 ser man at det i gjennomsnitt er en liten nedgang av verdier, og dette er en positiv trend for prosjektet. Her blir det også tydelig at verdiene endrer seg minimalt, og det er derfor ingen traktorer som har kritiske verdier.

7.1.16 Gjennomsnittsmålinger av PQI



Figur 51: Gjennomsnittsmålinger av PQI for alle traktorer, (Excel, 2019).

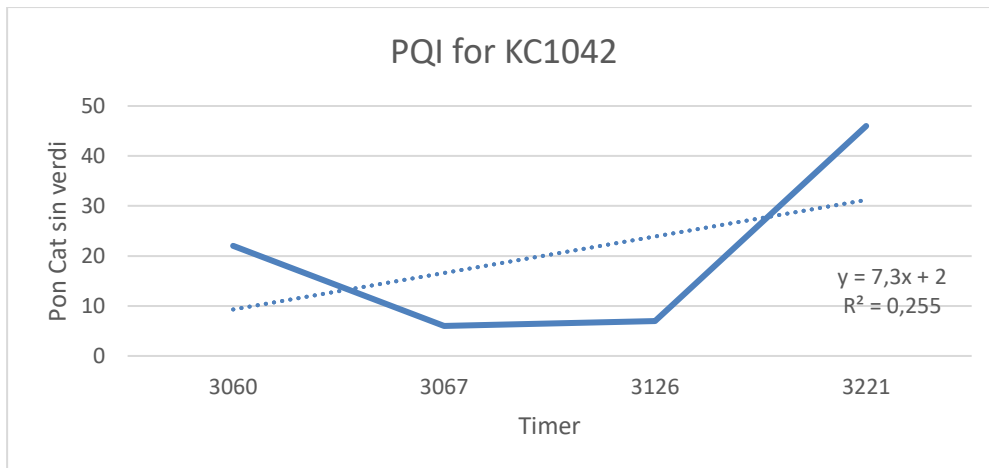
Figur 51 viser PQI for alle traktorene for de to overgangsfasene, og her ser vi at de fleste traktorene har lave verdier. PQI betyr Particle Quantifer Index (se eget avsnitt) og dette er et samlebegrep for hvor mye slitasjemetaller det finnes i oljen. Dette er regnet ut i Pon CAT sin egen verdi, men vi får et bilde på hvor mye metaller det er i motorene i forhold til hverandre på figuren over. Selv om de fleste traktorene har lave verdier, noe som er veldig bra, er det noen traktor som skiller seg ut. Vi ser derfor nærmere på traktorer med verdier fra og med 40 under.



Figur 52: Gjennomsnittsverdier av PQI for innfasing og utfasing, (Excel, 2019).

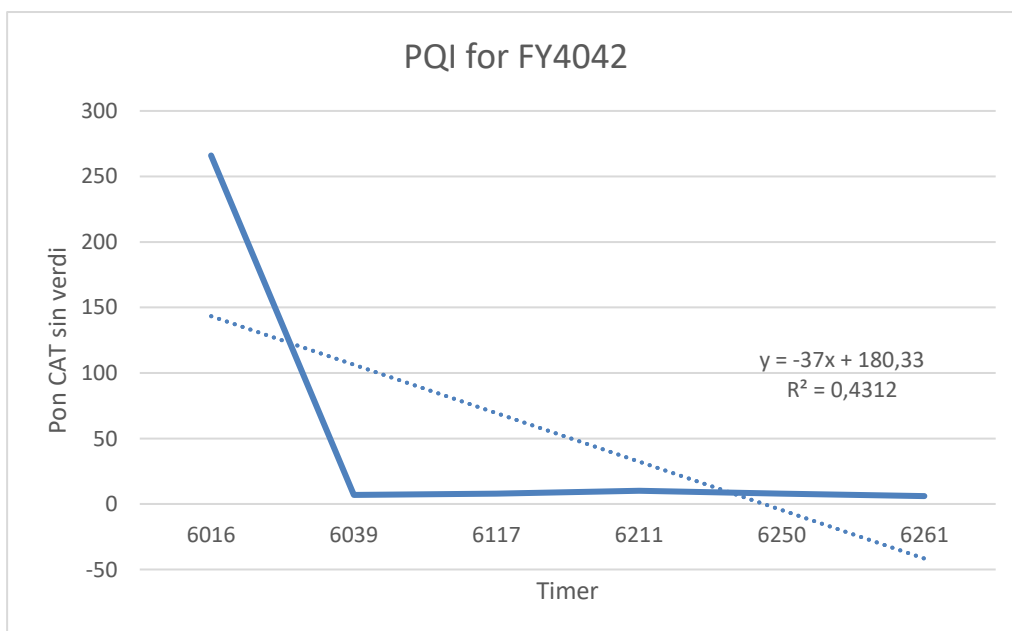
Figur 52 viser gjennomsnittsverdiene samlet for alle traktorene i innfasingen i forhold til utfasingen, og her ser vi at noen topper i Figur 51 spiller inn på søylen. Dette ser man som en stor feilkilde over. Men uansett er det over halvert PQI i snitt for alle traktorene fra innfasingen til utfasingen, og dette er samlet sett en veldig bra utvikling.

7.1.17 Traktorer som har nivå av PQI fra og med 40:



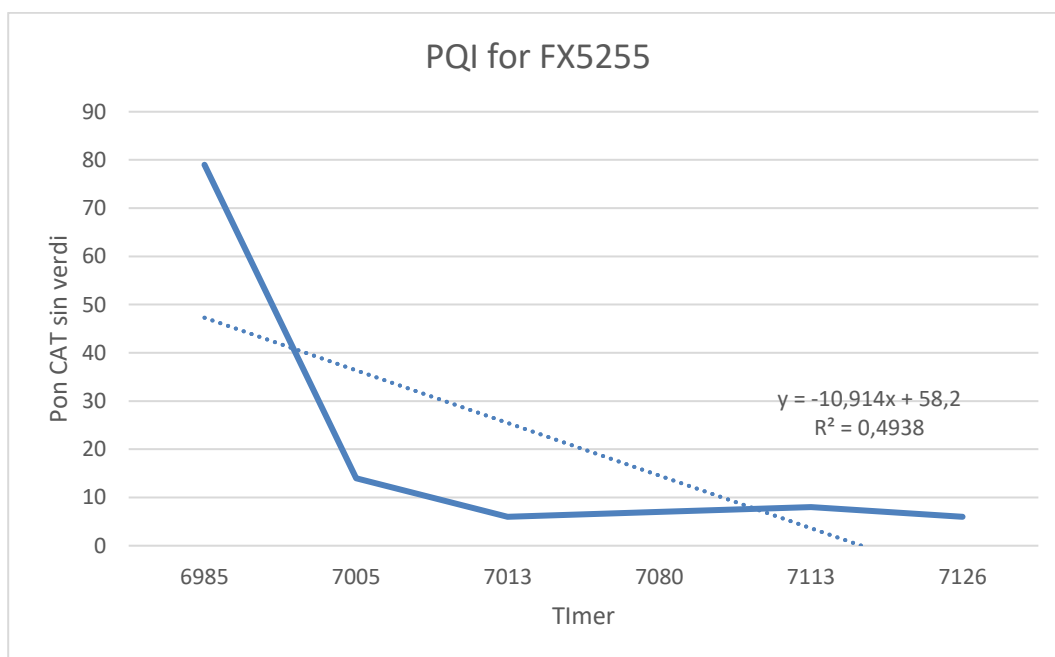
Figur 253: PQI i motoroljen til KC1042, (Excel, 2019).

Figur 53 viser PQI i motoroljen hos KC1042, og dette er en John Deere 6120. Dette er en eldre traktor, og har vært med på gammeltraktorprosjektet. Traktoren ble tatt ut av prosjektet på grunn av girkassehavari, og vi ser at traktoren har gått lite timer. Her er den en positiv trend for økende verdier i oljen, og vi kan se at verdiene øker raskt etter oljeskiftet. Dette kan nok ha en sammenheng i at traktoren tas ut av prosjektet, og (eventuelt flere) ukjente faktorer kan/vil spille inn. Men denne trenden med en så rask stigning i verdier er ikke positivt, og derfor bør man følge med på oljen på motoren videre (H. C. Endrerud, personlig kommunikasjon, 2020).



Figur 264: PQI i motoroljen til FY4042, (Excel, 2019).

Figur 54 viser PQI i motoroljen til FY4042, og dette er en John Deere 6520. For denne traktorer er det en sterk negativ trend for motoroljen, og dette er veldig positivt for motoroljen. I formelen ser man at denne trenden er veldig sterk. Her kan man lure på om det var motorhavari på gang før prosjektstart eller veldig dårlig motorolje ved prosjektstart. Man bør følge med på motoroljen videre, men her har muligens biodieselen (kanskje sammen med ny motorolje) hatt god innvirkning på motoren. Den hadde ikke gått mange timer etter oljeskiftet, men her burde man følge med på utviklingen hos motoren videre for å forsøke å unngå eventuelt havari.



Figur 275: PQI i motoroljen til FX5255, (Excel, 2019).

Figur 55 viser andelen PQI i motoroljen til FX5255, og dette er en Valmet 8150. Ser vi også en veldig negativ trend av formelen, og denne nedgangen er positiv for prosjektet. Traktoren har gått lite timer i prosjektet, og man kunne gjerne hatt flere målinger over lengre tid for å sett utviklingen. Det spiller også inn på resultatet at motoroljen i starten var veldig dårlig. Men etter skiftet holdt oljen seg veldig bra, og oljeskiftet er det tydelige fallet i starten av grafen over.

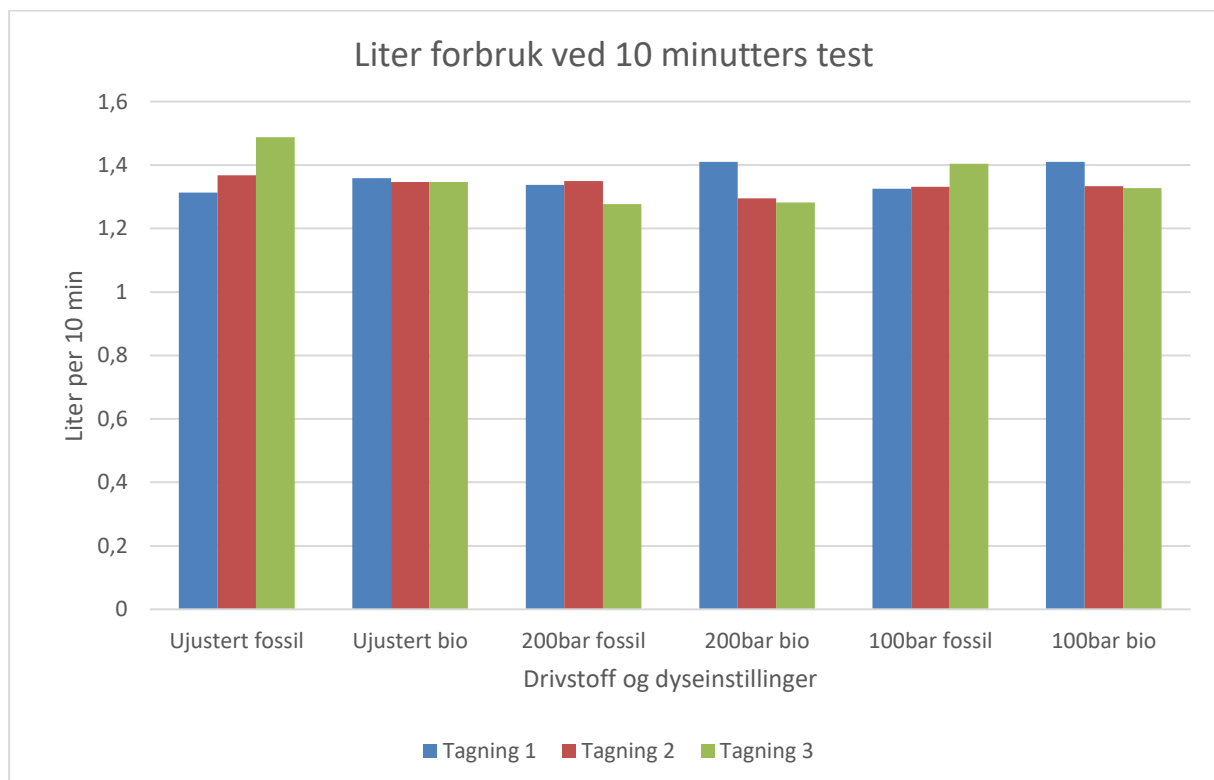
Samlet sett for alle traktorer kan man se at verdiene for oljeprøvene ikke har nådd kritiske nivå igjennom testperioden, og man har for de fleste målepunkter hatt en generell nedgang i verdier. Noen traktorer har skilt seg ut med en positiv trend for økning i verdier, men de har heller ikke nådd verdier som er farlige for oljekvaliteten. Resultatet fra oljeprøvene er jamt over positive.

7.2 Resultat fra forsøk på Volvo BM 430

Vi hadde målinger på traktoren for dieselforbruket ved tre ulike dysetrykk over 10 minutter der kun forbruket ble målt. Traktoren ble satt på fullt motorturtall, og så bremset ned cirka 200 o/min ut ifra turtallsmåleren i traktoren. Dette ble gjort for å simulere maks forbruk over tid på motoren for å simulere tung belastning over tid, og forbruket de forskjellige drivstoffene ville ha. Det ble også gjort målinger der belastning på dynamometeret, turtall på kraftuttak og tiden det tok å forbrenne 200 gram diesel ble målt.

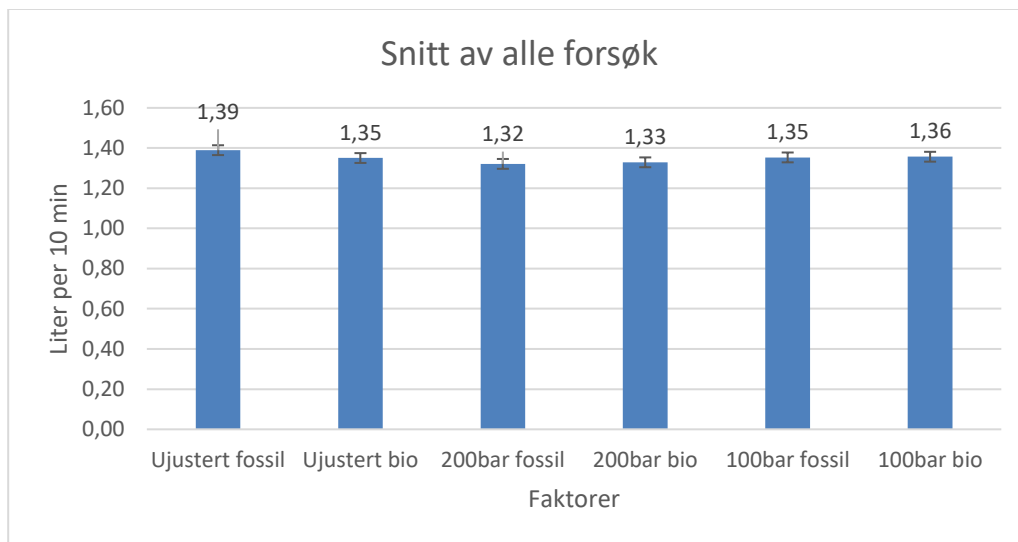
Det er disse punktene som nå skal beskrives, der vi først ser på diagrammer som gir en oversikt for alle verdier før vi ser nærmere på snitt. For målingene med mest data ser vi nærmere på de ulike verdiene for de tre turtallene det ble målt på, nemlig nedbremsing fra fullt gasspådrag, 1800 o/min og 1600 o/min. Vi målte kun i de høyeste turtallene for å få fram de målingene som ga mest utslag, og forhåpentligvis størst forskjeller.

7.2.1 Målinger over 10 minutter



Figur 56: Liter forbruk for tre tester tatt av seks forskjellige forutsetninger, (Excel, 2019).

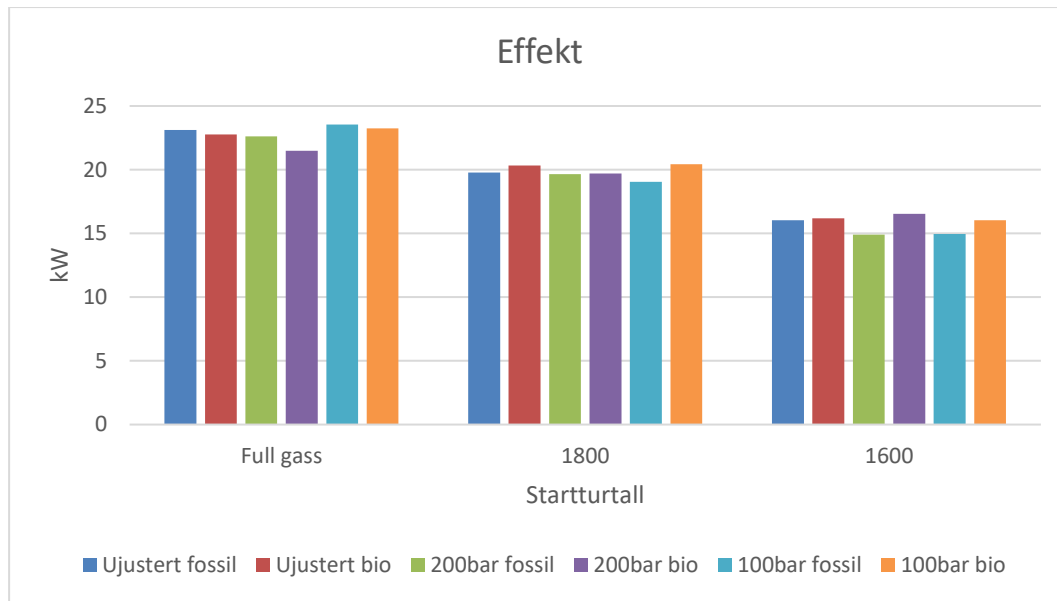
Figur 56 viser forbruket på traktoren ved de forskjellige drivstoffene og dyseinnstillingene. Her er alle forsøkene tatt med i modellen, og for ujustert ser vi at trenden på forbruket er noe lavere på biodiesel enn fossil diesel. For 200 og 100 bars dysetrykk er det forskjellige målinger for drivstoffene, der drivstoffene har høyest verdi annenhver gang eller like målinger.



Figur 57: Snitt av alle de forskjellige forsøkene, (Excel, 2019).

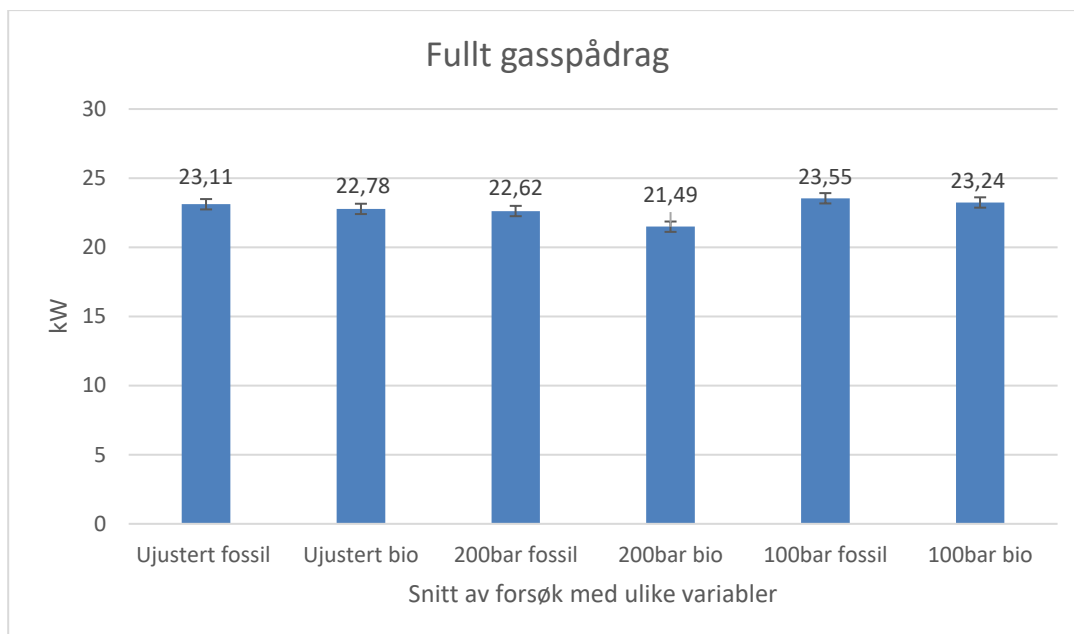
Figur 57 viser et snitt av alle forsøkene, og dette begrunner resultatene vi kan se fra Figur 56. for ujusterte dyser er det mindre forbruk av biodrivstoff enn fossilt drivstoff, og dette er positivt. Hvis disse resultatene er generelle for alle/flere traktorer vil forbruket på traktorer gå ned på biodrivstoff. For 200 bars dysetrykk er det 0,01 liter lavere forbruk for fossilt drivstoff, og det gjelder også for 100 bars dysetrykk. Forskjellene er altså små, og utgjør derfor lite på grafen. Sett over lengre tid, for eksempel en time, ville forskjellene blitt mer tydelige.

7.2.2 Forsøk over 3 turtallsområder – Effekt



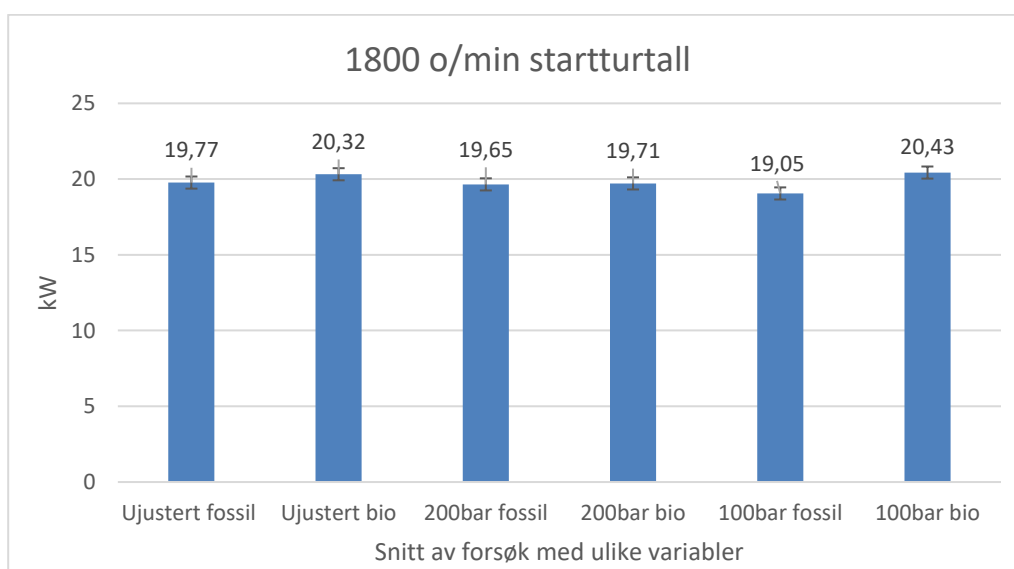
Figur 58: Snitt av effektmålinger sett på de forskjellige turtallene, (Excel, 2019).

Figur 58 viser snitt av de forskjellige målingene gjort på tre forskjellige turtallsområder med tre forskjellige dysetrykk. Her ser man på effekten, og denne figuren er ment som et oversiktsbilde. Man kan legge merke til at forskjellene i effekten av de forskjellige drivstoffene er små, men til stede. For ujusterte dyser er effekten litt høyere for fossilt drivstoff på full gass, men under vanlig drift ligger man sjeldent på fullt gasspådrag. For 1800 o/min og 1600 o/min er faktisk effekten litt høyere for biodrivstoff, og denne trenden er positiv med tanke på konvertering av den norske traktorparken til biodiesel. For full gass på de andre dysetrykkene er effekten for fossilt drivstoff større, mens for de andre turtallsområdene og dysetrykkene er det biodieselen som har litt større effekt. Dette er også en positiv trend, selv om forskjellene mellom verdiene er relativt små.



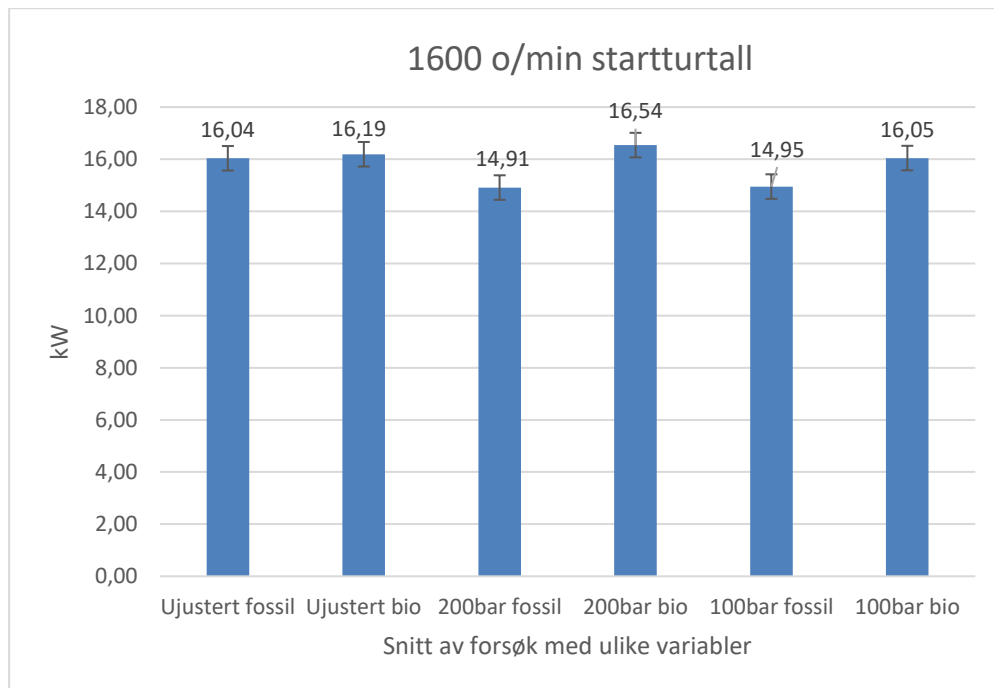
Figur 59: Snitt av målinger for fullt gasspådrag, (Excel, 2019).

Figur 59 viser forskjellene mellom effekten på de ulike drivstoffene med forskjellige dysetrykk. Trenden for fullt gasspådrag er at fossil diesel har en høyere effekt uansett dysetrykk. Men i praksis blir traktorene sjeldent brukt på fullt turtall under arbeid, og derfor er det ikke nok å teste kun på maks turtall og konkludere ut ifra det. Videre kan man se at effekten er størst med lavest dysetrykk uansett drivstoff, mens 200 bars dysetrykk gir minst effekt. De ujusterte testene gir et resultat imellom de to andre, men nærmest 100 bars dysetrykk.



Figur 60: Snitt av alle målingene for 1800 o/min startturtall, (Excel, 2019).

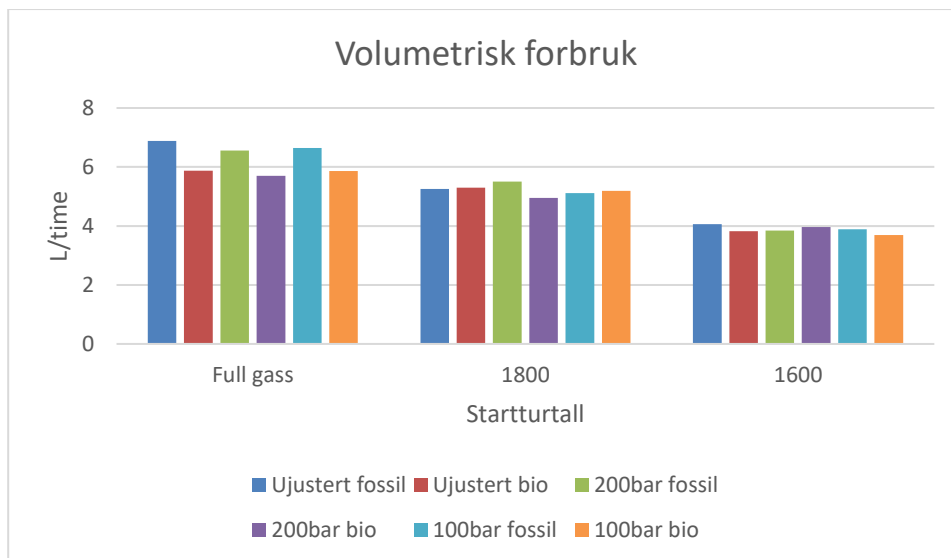
For Figur 60 ser man et annet resultat enn for fullt gasspådrag. Her ser man effekten ved 1800 o/min startturtall, og her er det resultater som tyder på en positiv trend. Trenden er at biodieselen har høyere effekt enn den fossile dieselen, uansett dysetrykk. Denne effekten er høyest for 100 bars dysetrykk, og deretter ujusterte dyser. Forskjellene er små, men tydelige i figuren.



Figur 281: Snitt for alle målingene for 1600/min startturtall, (Excel, 2019).

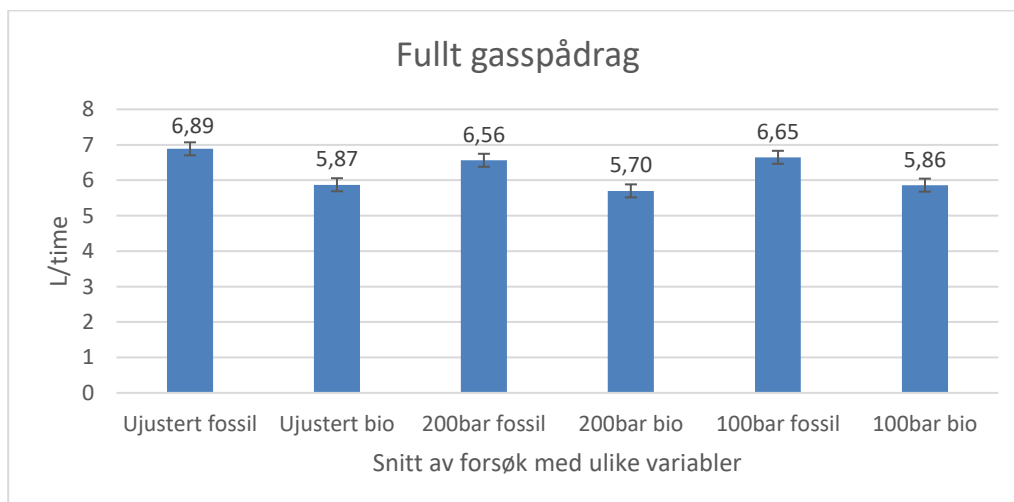
Figur 61 viser effekten som er målt ved 1600 o/min startturtall. Her ser man også en trend der biodrivstoffet har høyest effekt uansett dysetrykk. Her er den høyeste effekten ved 200 bars dysetrykk. 1800 o/min og 1600 o/min er turtall det er mer normalt å ligge på med traktoren på de fleste arbeidsoppgaver enn full gass. Resultatene for 1800 o/min og 1600 o/min er derfor positive for biodieselen, men forskjellene utgjør små verdier på diagrammene.

7.2.3 Volumetrisk dieselforbruk



Figur 62: Snitt av alle målinger av volumetrisk forbruk, (Excel, 2019).

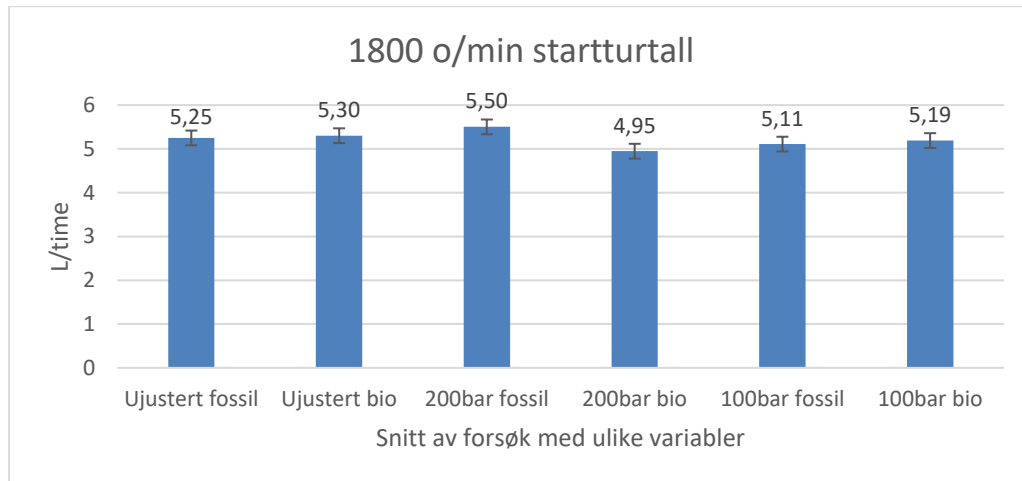
Figur 62 viser et oversiktsbilde over målingene på de forskjellige startturtallene og dysetrykkene som ble brukt med hensyn på det volumetriske forbruket. Dette ble da målt i liter per time. For fullt gasspådrag ser man her at målingene varierer noe mer enn for de andre turtallene. Her er forbruket for alle dysetrykkene høyest for fossilt drivstoff. Forskjellene er ellers små, men trenden med mindre forbruk av biodrivstoff er positiv for prosjektet.



Figur 63: Snitt av alle målinger for fullt gasspådrag, (Excel, 2019).

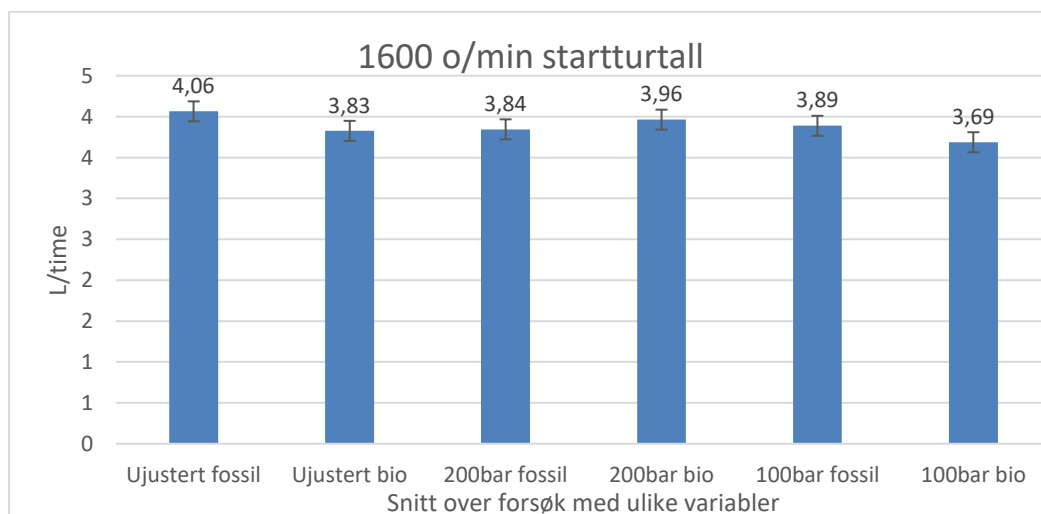
Figur 63 viser snitt av volumetrisk forbruk av alle forsøkene som ble gjort med ulike drivstoff og dysetrykk. Her ser man at trenden er at uansett dysetrykk er forbruket av fossil diesel i timen rundt en liter større enn for biodrivstoff. Denne trenden er veldig positiv for

biodrivstoffet, og kan en sammenheng med forskjellig tetthet på drivstoffene og gjennomstrømningsevnen i drivstoffsystemene. Den største forskjellen i forbruket er mest tydelig ved ujusterte dyser, mens det laveste forbruket av biodiesel er ved 200 bars dysetrykk. Forskjellene mellom de ulike innstillingene på dysetrykkene er små i forhold til forskjellene mellom drivstofftypene.



Figur 64: Snitt for alle målinger fra 1800 o/min startturtall, (Excel, 2019).

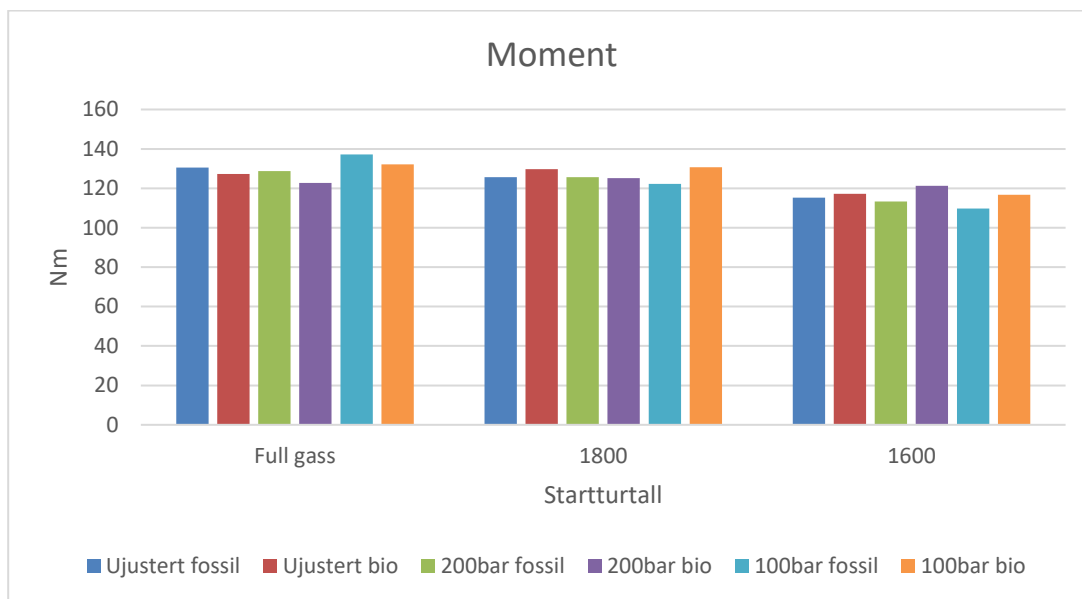
På figur 64 ser vi snitt av alle målingene med 1800 o/min startturtall, og her er det små forskjeller på de fleste målingene. For ujusterte dyser og 100 bars dysetrykk er forskjellene små, men her går det altså litt mer biodiesel enn fossil diesel. Men det er over en halv liter lavere forbruk av biodiesel på 200 bars dysetrykk i forhold til fossil diesel, og dette er en trend som er positiv for prosjektet. Her er forbruket i timen også under 5 liter i timen, og det er den eneste snittmålingen på figuren over som er så lav.



Figur 65: Snitt for alle målinger med 1600 o/min startturtall, (Excel, 2019).

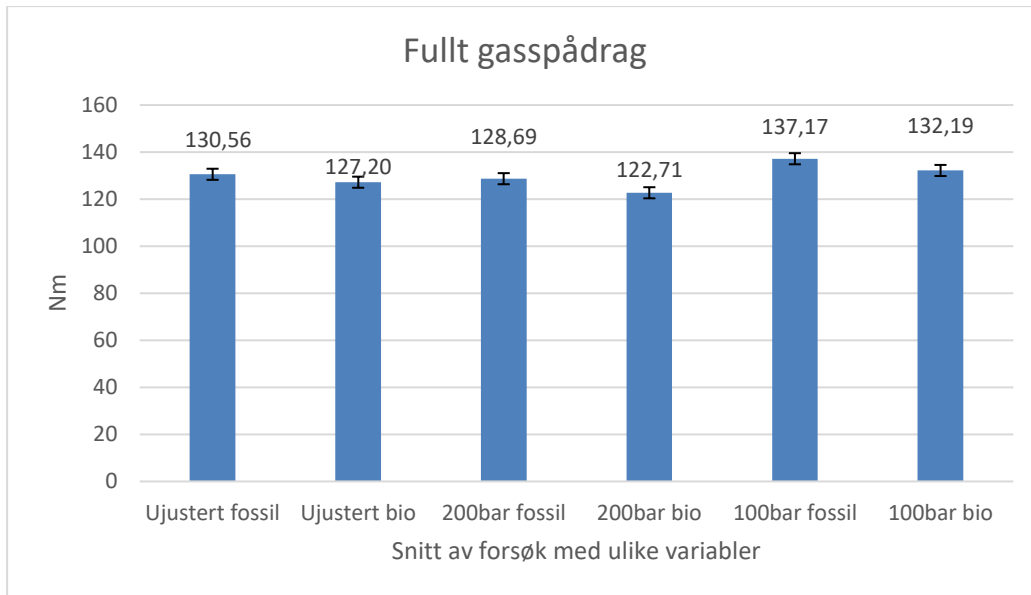
På figur 65 ser man snittforbruket for alle forskjellige målinger med 1600 o/min starturtall. Her er forbruket varierende mellom de ulike forsøkene, men marginene er små mellom de forskjellige dysetrykkene. For ujusterte dyser og dyser med 100 bars dysetrykk er det lavest forbruk av biodiesel, mens forbruket er høyere for fossil diesel. Den laveste snittmålingen er for 100 bars dysetrykk med biodiesel. Denne trenden er lovende for disse innstillingene på dysene. På 200 bars dysetrykk er derimot forbruket av biodiesel større enn for fossil diesel. Forskjellene er tydeligere mellom drivstofftypene enn for de forskjellige dysetrykkene.

7.2.4 Moment



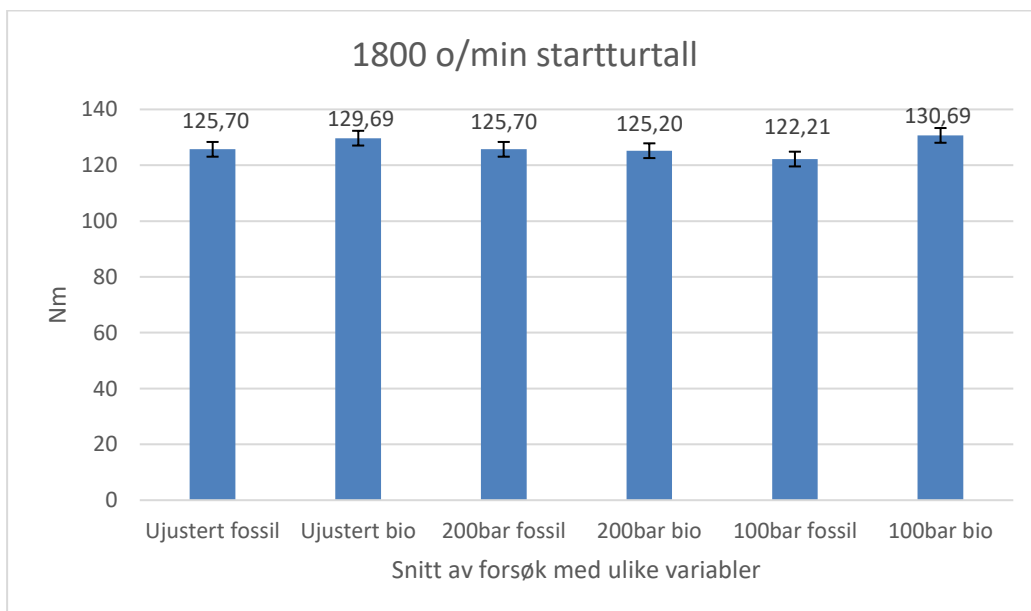
Figur 6629: Snitt av alle målinger av moment, (Excel, 2019).

Figur 66 viser snitt av alle målinger av moment på alle turtall, og er med for å gi et oversiktsbilde over momentet til de forskjellige drivstoffene. Her ser vi at forskjellene ikke har store utslag på skalaen, men man kan se forskjellige trender. Her kan man se at for fullt gasspådrag er det mest moment med fossil diesel på alle målinger. Samtidig på 1800 o/min og 1600 o/min er det derimot en trend for at biodiesel har mest moment, og dette er en positiv trend. Det vil si at for kjøring på dette turtallsområdet er biodiesel et bedre alternativ siden det gir best moment og drivstofføkonomi, og samtidig et noe høyere moment.



Figur 67: Snitt av alle målinger med fullt gasspådrag, (Excel, 2019).

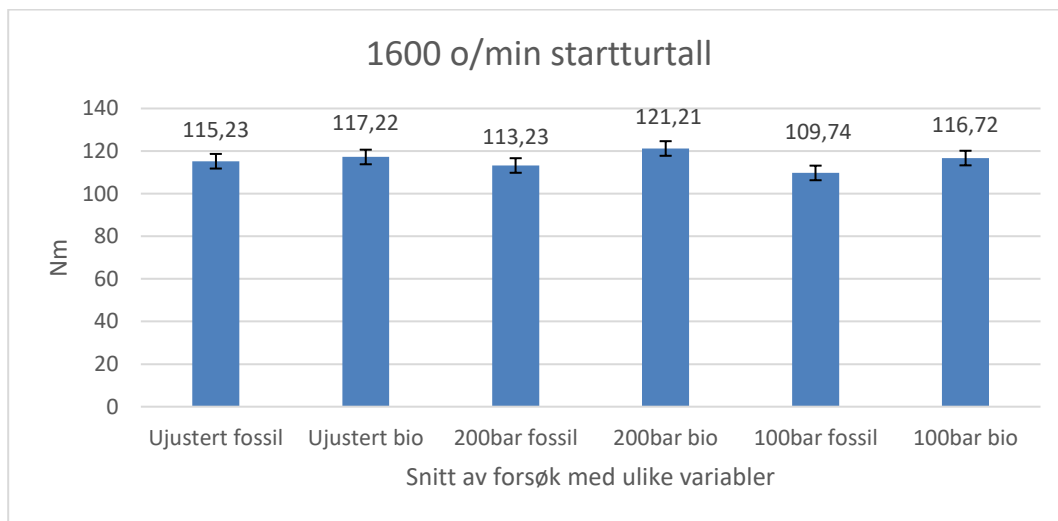
Figur 67 viser målingene som er gjort ved fullt gasspådrag med forskjellige dysetrykk og dieseltypene. Her ser man at trenden er at verdiene er høyere for fossil diesel enn biodiesel, men det er små utslag og forskjeller mellom målingene. Det er mest moment med 100 bar dysetrykk, minst ved 200 bar dysetrykk og verdier imellom dette med ujusterte dyser. I vanlig arbeid kjører man sjeldent på fullt turtall over lengre tid, men heller på noe mer redusert turtall.



Figur 68: Snitt av alle målinger med 1800 o/min startturtall, (Excel, 2019).

Figur 68 viser alle målingene av moment med startturtall på 1800 o/min. Her kan man se at verdiene er nokså stabile med små variasjoner. Verdiene er nesten like for 200 bars dysetrykk,

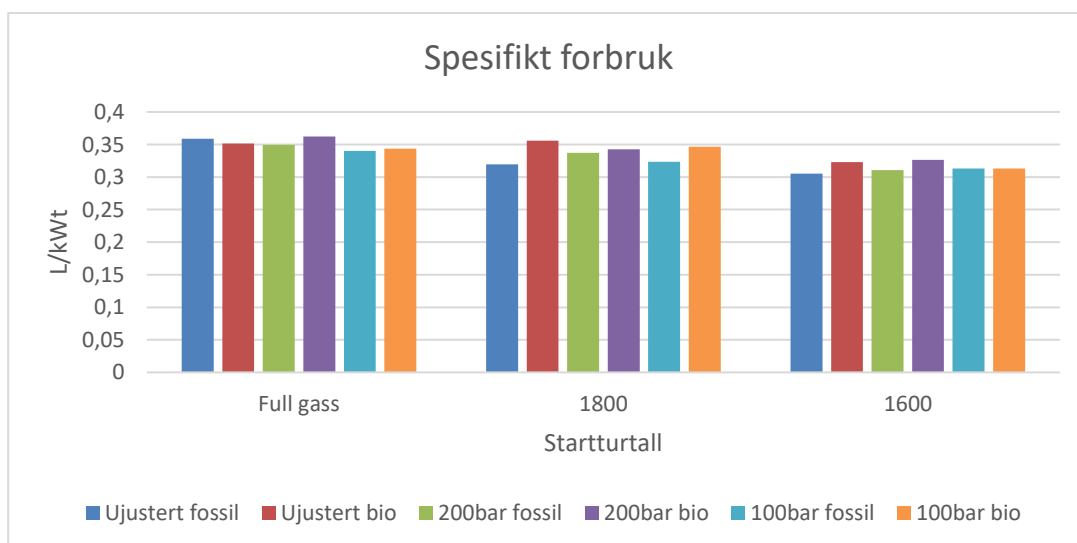
men her har fossil diesel større moment. For biodrivstoffet er det derimot større moment ved 100 bars dysetrykk og ujusterte dyser, og dette er en positiv trend for prosjektet.



Figur 69: Snitt av alle målinger med 1600 o/min startturtall, (Excel, 2019).

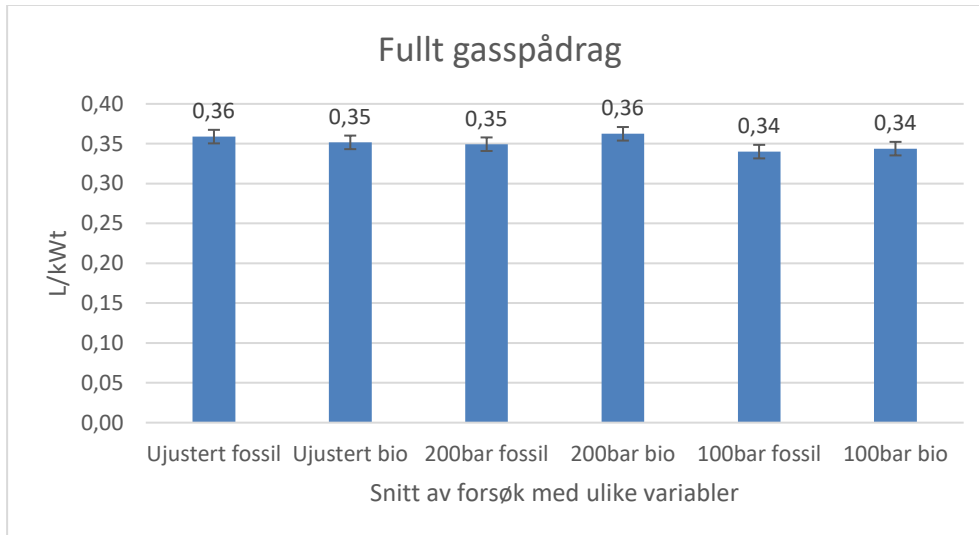
Figur 69 viser snittmålinger av alle målinger tatt ved 1600 o/min startturtall. Her er det en veldig positiv trend for alle verdier, der biodieselen har lavere verdier enn fossilt drivstoff på alle dysetrykk. Momentet er her minst ved 100 bars dysetrykk, litt større for ujustert dysetrykk, og deretter enda større for 200 bars dysetrykk. Trenden i figurene over for 1800 o/min og 1600 o/min er positive for prosjektet, og tyder på at traktorene vil bli sterkere med biodiesel som drivstoff på turtall man normalt benytter under arbeid.

7.2.5 Spesifikt forbruk



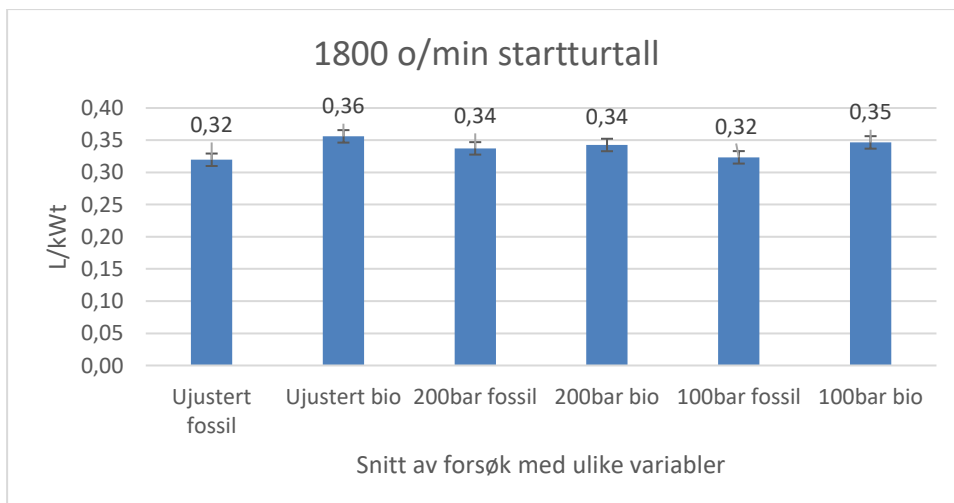
Figur 70: Snitt av alle målinger for spesifikt forbruk, (Excel, 2019).

Figur 70 viser et oversiktsbilde over spesifikt forbruk hos traktoren på alle testturtall. På fossil diesel er verdiene større enn biodrivstoff på fullt gasspådrag med ujusterte dyser, men det er kun her fossil diesel har høyere verdi. Ved andre justeringer er biodieselens verdi større eller like stor verdi i forhold til fossil diesel. Forskjellen i alle målinger er generelt veldig små.



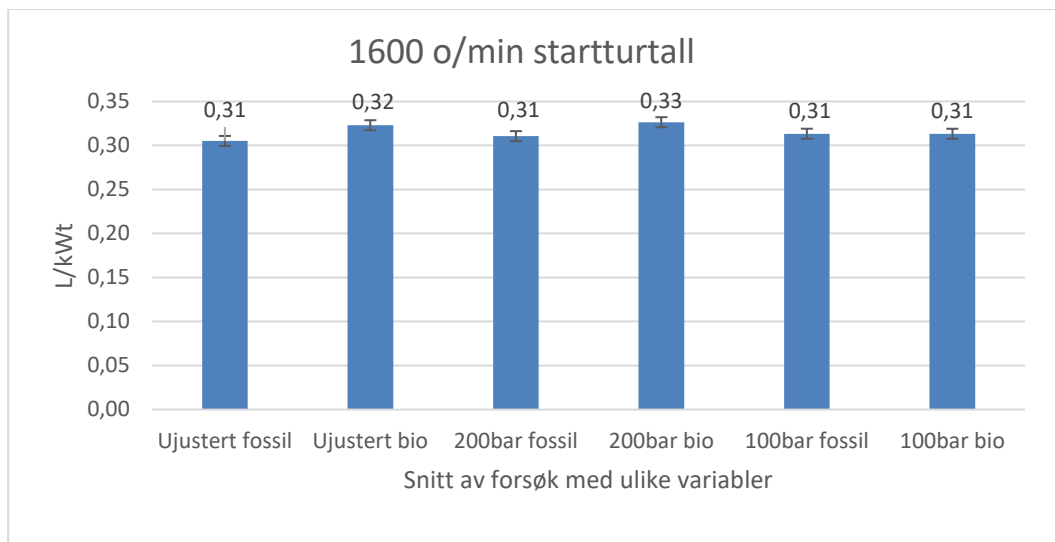
Figur 71: Snitt for alle målinger ved fullt gasspådrag, (Excel, 2019).

Figur 71 viser alle verdiene for målinger som har blitt gjort for fullt gasspådrag. Her kan man se at det er små forskjeller imellom de forskjellige forsøkene som har blitt utført. For ujusterte dyser var det 0,01 L/kWh høyere forbruk for fossil diesel, mens for 200 bars dysetrykk var det biodieselens verdi som var 0,01 L/kWh høyere. For 100 bars dysetrykk var nivåene like.



Figur 72: Snitt for alle målinger med 1800 o/min startturtall, (Excel, 2019).

Figur 72 viser snitt av alle målinger med 1800 o/min startturtall for det spesifikke forbruket. Her kan man se at det spesifikke forbruket er høyere for biodiesel ved ujusterte dyser og 100 bars dysetrykk. Men verdien er ikke mye høyere for biodieselen. Verdien er høyest i snitt for de ujusterte dysene. For 200 bars dysetrykk er verdien lik.



Figur 73: Snitt for alle målinger med 1600 o/min startturtall, (Excel, 2019).

Figur 73 viser verdiene for alle målinger med 1600 o/min startturtall, og her er det små forskjeller. For biodiesel er verdiene litt høyere for ujusterte dyser og 200 bars dysetrykk, mens for 100 bars dysetrykk er verdiene like. Generelt av det spesifikke forbruket kan man se at biodieselen hadde en trend for litt høyere verdier enn det fossile drivstoffet.

Generelt for disse forsøkene kan man si at for denne traktoren er det små forskjeller imellom drivstoffene, og man har dermed tilnærmet lik ytelse på motoren med det nye drivstoffet. De forskjellene som er til stede varierer etter hva som testes, og derfor er det vanskelig å se en tydelig konklusjon av hvilket dysetrykk og drivstoff som er optimalt. Det observeres at traktoren genererer mindre sot på det nye drivstoffet, og ut ifra dette kan man tenke seg at forbrenningen er renere med en overgang til biodiesel.

8. Diskusjon

Det er forskjeller i egenskapene i de to drivstofftypene som har blitt undersøkt i forsøkene med tanke på de tekniske dataene. ECO 1 leverer biodrivstoffet som vi har brukt i forsøkene våre, og traktorforsøket som Ruralis har arrangert. Av databladet til de to drivstoffene kommer det fram tydelige forskjeller både i avgassene og oppbyggingen. Her er det nok forskjellene i oppbyggingen av drivstoffene som gjør at man får forskjellige resultater på de fleste testene. Andre forskjeller kan komme av feilkilder på traktorforsøket vårt, med for eksempel slitt traktor og slitt måleutstyr/dynamometer.

Cetantallet på 2G Agri (navnet på biodieselen) har et cetantall på 78-80, mens fossilt drivstoff har et cetantall på 51. Dette kan gi variasjoner i antenningen av de forskjellige drivstoffene i motorene, og dermed ulike resultater. Tettheten på biodrivstoffet er 780 kg/m^3 , mens det fossile drivstoffet har en tetthet på $820\text{-}845 \text{ kg/m}^3$. Dette gjør at man må regne om forbruket til traktorene fra gram til liter i forsøkene, som igjen har gitt noe utslag på resultatene (slik som for det spesifikke forbruket på Volvoen). Det vil også bli ulike evner for gjennomstrømming igjennom klaringer i motorene. Vi valgte å se på forbruk i liter/timen for å få et tall man kunne sammenligne med, da man vanligvis ser på dette for å sammenligne forbruk på en forbrenningsmotor (Vedlegg 1).

Energiinnholdet i biodrivstoffet er $44,1 \text{ MJ/kg}$ og her er tettheten på drivstoffet $0,78 \text{ kg/liter}$. Multipliseres disse faktorene med hverandre får man $34,398 \text{ MJ/liter}$. Samtidig er det $42,5 \text{ MJ/kg}$ på fossilt drivstoff, og vi kan si at tettheten på drivstoffet her er på $0,83 \text{ kg/liter}$ (som er omtrent midt imellom de oppgitte verdiene). Multipliseres disse faktorene sammen får man $35,275 \text{ MJ/liter}$. Dette er da en differanse på $(35,275 \text{ MJ/liter} - 34,398 \text{ MJ/liter}) = 0,877 \text{ MJ/liter}$, som er en forskjell på $(35,275 \text{ MJ/liter} / 100 * 0,877) = 0,31\%$ i favør fossilt drivstoff. Antenningsstemperaturen til biodiesel er på $78,5$ grader Celsius, og vanlig fossil diesel er på 55 grader Celsius. Denne forskjellen på $23,5$ grader Celsius kan dermed gjøre det noe vanskeligere å starte motorene kalde med biodrivstoff (Vedlegg 1). Det er derimot ikke oppstått noen særlige problemer igjennom prosjektet som følge av kaldstart-problemer om vinteren, noe som tyder på motorer med bra kompresjon, gløding og motorvarmer generelt.

Siden denne forskjellen er negativ for biodieselen per liter i forhold til fossil diesel vil dette påvirke resultatene våre. Denne forskjellen er til stede, men altså veldig liten. Siden en motor

har et volumetrisk forbruk vil det bli mer riktig å se på liter som målenhet også for energiinnhold. Dette kan derfor ha spilt inn på forsøkene våre.

De verdiene vi har kommet fram til er ikke basert på mange nok forsøk/prøver til å foreta dataanalyser, og dermed undersøke signifikans. Datagrunnlaget kunne altså vært større for alle undersøkelser, men uansett har vi fått fram trender av å analysere datamaterialet vi har. Oljeprøvene viser forskjeller mellom traktormerkene, og noen traktorer skiller seg ut. Av disse ser man at mange John Deere-er og Massey Ferguson- er skiller seg ut, men dette kan igjen ha en sammenheng med antall traktorer av disse merkene som har vært med i prosjektet. Dette gjør at man heller kan tenke seg at det burde vært tatt inn flere traktorer av andre merker, og flere forsøk kunne blitt gjennomført (gjentak).

For resultatene av oljeprøvene i traktorprosjektet kan man se at traktorene i gjennomsnittsmålingene har jevnt over lavere resultater for både sot og de forskjellige metallpartiklene i oljen. Her kan man lure på hvor gode motoroljene var i utgangspunktet på traktorene, og om traktorene hadde godt av å gå på annet drivstoff med renere forbrenning. Det vil si at traktorene vil ha en renere forbrenning med mindre sot, som igjen vil påvirke hvor mye sot og avleiringer som finnes igjen i motoroljen. Noen traktorer skiller seg ut fra de gjennomsnittlige trendene, men flesteparten av trendene som skiller seg ut er negative med en nedgang i verdier. De verdiene som skiller seg ut er nærmere forklart for hver graf, med underliggende årsaker forklart. Her kan trøbbel med traktoren og utsatte oljeskift forklare mye, sammen med mange driftstimer.

Det at PFC har gått litt opp i oljeprøvene når traktorene har gått på biodiesel kan ha en sammenheng med den endrede tettheten på drivstoffet, slik at det har trengt seg igjennom klaringer i dieselsystemet (som i dieselpumpen) og kommet inn i smøresystemet på traktoren igjennom for eksempel registeret. For V100 er trenden en reduksjon i verdier i snitt igjennom prosjektet, og det har igjen en sammenheng med andelen PFC i oljen. En økt andel diesel i motoroljen vil tynne ut motoroljen etter hvert som andelen diesel øker ut over i oljeintervallet. Dette kan forringe oljekvaliteten raskere, og dens smørende og kjølede egenskaper i motoren. Under forsøkene var trenden til stede, men nådde ikke kritiske nivåer for at oljen skulle mistet for mye av egenskapene sine.

For PQI får man et oversiktsbilde over hvordan andelen forurensninger i motoroljen er, og her er det en trend som er positiv for prosjektet. Over en halvering i verdier av PQI kan tyde

på flere ting, men man kan tenke seg at det kommer av et renere drivstoff. Generelt vil nok dårlig oljekvaliteter spille inn en del på resultatene, og det kommer fram med store feilfelt i innfasingen.

På vårt forsøk med Volvo BM 430 har vi sett det at det er vanskelig å foreta nøyaktige målinger med gammelt utstyr. Traktoren hadde litt forskjeller mellom dysetrykkene og drivstofforbrukene ved ti minutters tester, der det laveste forbruket samlet var ved det høyeste dysetrykket for begge forbrukene. Men for biodieselen var det lavere forbruk ved ujusterte dyser, og dermed kunne man brukt mindre ved å gå over til biodrivstoff.

Feilkildene i forsøket burde lukes ut om forsøket skal gjentas for best mulig resultat.

Ved målingene med forskjellige startturtall, ser man at det er ulikheter. Effekten ved disse testene var i gjennomsnitt litt lavere for biodrivstoffet i testene for fullt gasspådrag, som også samsvarte med databladet til drivstoffet. For de to andre testturtallene var biodrivstoffet jevnt over sprekere, og det er positivt med en økning i de turtallene man ofte arbeider i. Det kan da komme av oppbyggingen til drivstoffet kjemisk, og dermed egenskapene.

Det volumetriske forbruket for fossil diesel var i gjennomsnitt litt større for fullt gasspådrag, mens det varierte i de to andre turtallene. Dette gjør at traktoren ikke har så mye forskjell mellom de to drivstoffene i praksis, så derfor vil ikke bonden merke store forskjeller med tanke på drivstofforbruket på maskinene sine hvis dette er en trend som gjelder de fleste traktorer. Det spesifikke forbruket er nokså likt, men kanskje noe større for biodieselen. Det kan igjen ha en sammenheng i forskjellig gjennomstrømmingsevne i dieselsystemet, eller forskjellige egenskaper som følge av oppbyggingen.

Momentet skiller også litt. For fullt gasspådrag er det mest moment i fossilt drivstoff, mens for de to andre turtallene er faktisk biodieselen sterkere uansett dysetrykk (eller lik).

Forskjellen i moment kan ha med hvordan selve forbrenningen foregår, og dermed hvordan antenningen i forbrenningskammeret blir. Økningen i moment vil også gjøre traktoren sterkere på de gitt turtallsområdene, og er dette en trend som gjelder på flere traktorer vil man få traktorer som kan dra tyngre med en gitt belastning enn før. Dette er da en positiv trend å oppdage underveis, som eventuelt kan brukes for å overbevise folk om at den nyeste biodieselen er et veldig bra alternativ.

Vi satte tidlig i gang med Volvo BM 430 for å være sikre på å ha nok tid til å gjennomføre forsøket på en god måte. Dette er vi i ettertid glade for at vi gjorde, med tanke på korona-

pandemien, og at alt stoppet opp. Vi fulgte nøye prosedyrer for taggingene vi gjorde, og fikk dermed til gode gjentak. I ettertid ser vi at vi kunne tatt med utetemperaturen for målingene for å kunne se om denne faktoren spilte inn på resultatene.

9. Konklusjon

Biodrivstoffet viser i gjennomsnitt små forskjeller fra den konvensjonelle typen drivstoff. Dette tyder på at Filip Vatne og Øyvind Karlsen har fått lignende resultater som oss. Her ser vi på oljeprøvene at slitte motorer påvirker resultatene noe. Andelen drivstoff i oljen øker litt med biodiesel i forhold til fossil diesel, og dette skyldes nok en lavere tetthet/viskositet på drivstoffet. Slitte motorer som er bygd etter gamle standarder gjør et større utslag her, da biodrivstoffet lettere finner en vei inn til motoroljen. Økningen her er liten, men trenden bør ikke gi for store utslag over tid heller, da dårlig motorolje har dårlige smøreegenskaper. Dette kan igjen føre til havari, i verste fall.

For andelen slitasjemetaller og sot i oljen er trenden en nedgang i verdier, og dermed vil biodieselen være et bra alternativ for fossil diesel. Dette tyder på at biodieselen smører tilstrekkelig i dieselmotorene, og samtidig er forbrenningen såpass ren at det tar lang tid for å få sot i oljen. Sot merkes også på kjøretøyer som brukes innendørs, og om forbrenningen fører til et mindre nivå av sot vil dette merkes som bedre luftkvalitet i inn klima der det benyttes forbrennings motorer.

Biodrivstoffet som har blitt brukt i forsøkene har hatt en lavere tetthet/viskositet enn det fossile drivstoffet, men et høyere energiinnhold per kilo. Det blir mer virkelighetsnært å se på volumetriske verdier, og da er det 0,31% mer energi i fossilt drivstoff per liter. En dieselmotor har et dieselsystem som er bygd opp av volumetriske forsyningsenheter som forsyner resten av systemet med diesel, slik som fødepumper og dieselpumper. Dette er derfor en viktig presisering i denne sammenhengen. Ved første øyekast kan det ut fra Eco-1's data-ark se ut som at biodieselen har større energiinnhold. Ved omregning fra MJ/kg til MJ/L ser man at forskjellen er i favør fossil diesel, noe som gjenspeiles i forsøksresultatene for våre forsøk med Volvo BM 430.

Vi var i gang med planlegging av flere forsøk, slik som justering på dieselmengde og innsprøytning på skolens Massey Ferguson 7475. På grunn av korona-pandemien og tidsmangel har ikke dette blitt gjennomført, men mulighetene er nå undersøkt og vi har fått kontakt med personer som kunne bistå. Generelt er det små forskjeller imellom drivstoffene i målingene, og de forskjellene som er til stede kommer gjerne av enkeltraktorer som er slitte. Miljøfordelene er store ved overgang til fornybar energi, da man slipper ut mindre CO₂ og andre klimagasser. Vi mener derfor at dette biodrivstoffet virker til å være en fullgod

erstatte for fossilt drivstoff. Både med hensyn til smøreegenskaper og energiinnhold. Nå er det bare tilgang på råvarer, foredling og prisen som må justeres for å kunne konkurrere med konvensjonell diesel.

10. Forslag til videre arbeid

Man kan altså ta testingen et steg videre fra det vi nå har gjort i denne oppgaven. Under står noen forslag:

- Gjøre videre tester med et moderne dynamometer for økt nøyaktighet på resultater.
- Teste eldre traktor med endret timing i registeret på traktor med rekkepumpe.
Generell effekttesting og samtidige avgassmålinger på flere traktorer for større datagrunnlag.
- Teste Høgskolens Massey Ferguson 7475 med common rail. Endre programvare til en annen, og se på om forbruk og effekt endres i dynamometeret. Her endres innsprøytningsmengde, tidspunkt, antall injeksjoner og trykk på «Railen» (Common-Rail). Dette kunne gjort utslag på målingene.
- Vurdere serietester, der flere traktorer med samme motor og samme bruksområde, testes over tid med ulike drivstoff. Dette ville gitt et større datagrunnlag til å konkludere med, og man kunne tatt statistiske tester.

Litteraturliste

- Bøe J. K. (2005, 8 desember). Traktorer og basismaskiner. Universitet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi.
- Cole, G. (u.å.). FORKLARING AV DELSYSTEMENE – AVGASSTILBAKEFØRINGSSYSTEM. Dieselgrossisten. Hentet fra: <https://dieselgrossisten.no/forklaring-av-delsystemene-avgasstilbakeforingssystem/>
- Dickinson, H. W. (1939). A short history of the steam engine. Cambridge at the university press.
- Dieselgrossisten, (u.å.). HVORDAN VIRKER ET PARTIKKELFILTER. Hentet fra: <https://dieselgrossisten.no/hvordan-virker-et-partikkelfilter/>
- Eidem. B. (2019a, 22. Mars). Delrapport. Hentet fra: https://ruralis.no/wp-content/uploads/2019/03/notat-2_19-delrapport-om-brekraft-og-klimagevinst-ved-overgang-til-fullraffinert-fornybar-biodiesel-i-norsk-jordbruk--b--eidem-f-1.pdf
- Eidem B. (2019b, 5. Desember). Hovedrapport. Hentet fra: https://ruralis.no/wp-content/uploads/2019/12/notat-3_19-hovedrapport-ren-biodiesel-i-norsk-landbruk.pdf
- Evans J. (2019-02-01) What is PQI. Hentet fra: <https://www.cbmconnect.com/what-is-the-particle-quantification-index-pqi/?fbclid=IwAR3br355PgcAutuUSZCJy4jT33j9UVuYdj6TjC5G1d2WJhP1nbpXk3nztxo>
- Framtiden i våre hender. (2013, 10 april). Faktaark om klimagassutslipp. Hentet fra: <https://www.framtiden.no/dokarkiv/faktaark/147-klimagassutslipp-fra-forbruk/file.html>
- FN-sambandet. (2020, 20 februar). Parisavtalen. Hentet fra: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen?fbclid=IwAR0DShvgCtOcfBmKVKj2xSIwHIS1JSqz5xxXbQbCfcwSIZvUEEtYu1n3Aaw>
- Jacobsen B. (u.å.). Dieselgrossisten AS. Lær mer om moderne dieselmotorer. Hentet 05.04.20 fra: <https://invenit.mamutweb.com/subdet28.htm>
- Karlsen Ø. (2019, 28 mars) Bacheloroppgave. Avgass og driftssikkerhet ved bruk av HVO på landbruksmaskiner. Hentet fra: <https://ruralis.no/wp-content/uploads/2018/09/bachelor-yvind-karlsen-blstad.pdf>

-
- Lange E. (2020, 9 januar), «Primærnæringene moderniseres». Hentet 20. feb. 2020 fra <https://www.norghistorie.no/velferdsstat-og-vestvending/teknologi-og-okonomi/1808-primerneringene-moderniseres.html>.
 - Miao X. & Wu Q. (2005, 4 juni). Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil. Hentet fra: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0960852405002191?token=E873E59AFE5F5067A7436F26180A3438AD4EE1742DD81EA1D6B52720BE507F55EE189AC4EBAAF120DDCDF59EC52D6833>
 - Mollenhauer K. & Tchoeke H. (2010). Handbook of Diesel Engines. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Hentet fra: DOI 10.1007/978-3-540-89083-6
 - Myhre J. E. (2019, 11 desember), «Norge blir et industriland». Hentet 19. feb. 2020 fra <https://www.norghistorie.no/industrialisering-og-demokrati/teknologi-og-okonomi/1504-norge-blir-et-industriland.html>.
 - Neste Corporation Renewable Diesel Handbook 2016: https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste_renewable_diesel_handbook.pdf
 - Norghistorie. (2019, 10. desember), «Introduksjon til industrialisering og demokrati: 1870-1914». Hentet 19. feb. 2020 fra <https://www.norghistorie.no/industrialisering-og-demokrati/artikler/1500-introduksjon-til-perioden-1870-1914.html>
 - Ruralis, 12.06.2019. Hentet fra: <https://ruralis.no/wp-content/uploads/2018/09/aa-ingergrud-eco-1-for-ruralis-5-12-19-godkjent.pdf?fbclid=IwAR34JmkNBWdT2cky6O3hr67csq99Xfz1gPhWXknqSIDPNLoIajxhJ9fTFw0>
 - Scania (u.å.). Alternative drivstoff. Hentet 20.02.2020 fra: <https://www.scania.com/no/no/home/products-and-services/articles/alternative-fuels.html>
 - Sharke P. (2000, juni). Otto or not, here it comes. Hentet 30.03.20 fra: <https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/article/122/06/62/369101/Otto-or-Not-Here-it-Comes-The-Dominant-Car-Engine>
 - Solomon B. K. (2010). Biofuels and sustainability. New York Academy of Sciences. Hentet 26.02.2020 fra: https://www.researchgate.net/profile/Barry_Solomon/publication/41421152_Biofuels_and_sustainability/links/5da24e0d299bf116fea212f8/Biofuels-and-sustainability.pdf

-
- Standard EN590. (2017-08-01). Hentet fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=928453>
 - Standard EN 14214. (2019-05-01). Hentet fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=595815>
 - Stortinget. (2007, 30 mai). Representantforslag fra stortingsrepresentantene Siv Jensen, Arne Sortevik, Harald T. Nesvik og Ketil Solvik-Olsen om Kyoto-tiltak med vekt på kostnadseffektivitet og nytte for miljøet. Hentet fra:
<https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Representantforslag/2006-2007/dok8-200607-097/?lvl=0&fbclid=IwAR0DShvgCtOcfBmKVKj2xSIwHIS1JSqz5xxXbQbCfcwSlZvUEEtYu1n3Aaw>
 - Vatne F. (2019, 23 mars). Bacheloroppgave. Et innblikk i dieselegenskaper og en sammenligning av HVO, FAME og konvensjonell diesel. Hentet fra:
<https://ruralis.no/wp-content/uploads/2018/09/bachelor-filip-vatne-blstad.pdf>
 - Weseth G. (2007, desember). Glimt av mekaniseringen av vårt landbruk 1850-2000. Ås. Hentet fra: http://www.umb.no/statisk/nlm/pdfversjon_for_netts.pdf
 - Worldwide Fuel Charter. September 2013. Hentet fra:
https://www.acea.be/uploads/publications/Worldwide_Fuel_Charter_5ed_2013.pdf
 - Yara. (2020 u.d). Hentet fra: <https://www.yara.no/kjemiske-og-miljomessige-losninger/adblue-for-kjoretoy/>

11. Vedlegg

Oversikt over vedlegg:

- **Vedlegg 1:** Datablad for den fornybare dieselen.....s.89
- **Vedlegg 2.** Forsøksbilder med Volvo BM 430 og dynamometer.....s.90
 - Dysetesteren.....s.91

Vedlegg 1: Datablad for den fornybare dieselen.

TEKNISK

- Tilfredstiller EN15940 standarden for syntetisk diesel.
- Erstatte fossil diesel i alle typer motorer. Bedre smøreevne, mindre avleiring, reinere avgass enn EN590.
- Eneste forskjell fra EN590 er egenvekt. 2G AGRI har 0,78 kg/liter og er 2,5% lettere enn EN590)
- Har høyere kvalitet enn fossil EN590 på bl.a cetantall og partikler.
- Har ikke farge, og langt mindre lukt enn fossil EN590.
- Inneholder ikke svovel eller aromater. Produktet har bedre lagringsegenskaper enn fossil EN590.

**GJENNOMSNITTSREDUKSJON I UTSLIPP
2G AGRI sammenlignet med fossil diesel,
EN590.**

| | |
|----------------------------|--------------|
| Partikler (PM) | - 33% |
| Nitrogenoksid (NOx) | - 9% |
| Karbonmonoksid (CO) | - 24% |
| Hydrokarbon (HC) | - 30% |



Tekniske spesifikasjoner EN15940- 2G AGRI , sammenlignet med EN590 - fossil diesel

| TEST NAME | UNIT | EN15940 /BTL | | 2G AGRV/ EN15940 | EN 590 | ASTM D975 (amerikansk dieselspesifikasjon) | TEST METHOD |
|---|-------------------|----------------------|-------|---------------------|--------------------|--|------------------|
| | | min. | max. | TYPICAL SPECS | fossile fuel/ ULSD | fossile fuel/ ULSD | |
| Cetan number | | 70 | - | 75-80 | 51 | >40 | EN15195 |
| Density at 15 C | kg/m ³ | 770,0 | 790,0 | 780,0 | 820,0-845,0 | ---- | EN ISO 12185 |
| Polycyclic aromatic hydrocarbons content | % (m/m) | - | 0,1 | <0,1 | 8,0 | ---- | EN 12916 |
| Sulfur content | mg/kg | - | 5,0 | <1,0 | 10 | <500 | EN ISO 20846 |
| Flash point | Celsius | 61 | - | 78,5 | 55 | > 38 | EN ISO 2719 |
| Carbon residue (on 10% distillation residue) | % (m/m) | - | 0,1 | <0,01 | 0,3 | ---- | EN ISO 10370 |
| Ash content | mg/kg | - | 0,001 | <0,001 | 0,01 | 0,01 | EN ISO 6245 |
| Water content | mg/kg | - | 200 | 22 | 200 | 500 | EN ISO 12937 |
| Total contamination | mg/kg | - | 10 | <1 | 24 | ---- | En 12662 |
| Copper strip corrosion (3h at 50 C) | rating | Class 1 | | Class 1 | Class 1 | class 1 | EN ISO 2160 |
| Oxidation stability | g/m ² | - | 24 | 5 | 25 | ---- | EN ISO 12205 |
| Lubricity, corrected wear scar diameter(wsd 1,4) at 80 C | | - | 460 | 450 | 460 | ---- | EN ISO 12156-1 |
| Viscosity at 40 C | mm ² s | 2,00 | 4,00 | 2,95 | 2,00-4,60 | 1,3 - 2,4 | EN ISO 3104 |
| Distillation 95% (V/V) recovered | Celsius | | 320 | 300 | 360 | 288 (v 90 gr C) | EN ISO 3405 |
| Cloud point and CFPP | Celsius | max. -15 / -22 / -34 | | -15/-22/-34 | max. -12 / -32 | etter lokale krav | EN 23015/ EN 116 |
| Energy content | MJ/kg | 44,1 | | 44,1 | 42,5 | ---- | |
| Appearance | | Clear and bright | | Clear and bright | Brownish color | ---- | VISUAL |
| Colour | | 0 | 0 | 0 | - | ---- | ISO 6271-2 |
| Total aromatics content | % (m/m) | - | 1,0 | <0,1 | - | ---- | EN 12916 |
| Distillation FBP | Celsius | | 330 | | - | ---- | EN ISO 3405 |
| Acid value | mgKOH/g | | 0,01 | 0,002 | - | ---- | ASTM D3242 |

Vedlegg 2. Forsøksbilder med Volvo BM 430, dynamometer og dysetester.



Volvo BM 430 under testing. Her ser man hvordan oppsettet av utstyr var.



Det gamle dynamometeret under testingen. Belastingen leses på vekten.



Dysetesteren som ble brukt til justering av dysene.