

# BACHELOROPPGÅVE

## Hovedprosjektrapport

Automatisert Biobrenselanlegg

Automated Biofuel Plant

av

Kandidatnummer 3 Trond Buanes

Kandidatnummer 17 Frode Brandal

Kandidatnummer 2 Anne Grethe Andersen

# HELLENES AS

AUTOMASJON - ELEKTRO - MEKANISK

HO2-300 | Hovedprosjekt 2014 VÅR | 23. mai 2014



## 1. Innholdsfortegnelse

1. Innholdsfortegnelse .....	2
1.2 Figurer .....	3
2. Referanseside.....	5
3. Forord.....	6
4. Sammendrag.....	7
5. Innledning.....	8
5.1 Hellenes AS.....	9
5.2 Problemstilling.....	10
5.2.1 Avgrensing.....	10
5.3 Mål.....	11
5.3.1 Hovedmål.....	11
5.3.2 Delmål.....	11
6. Hoveddel .....	11
6.1 Klargjøring av problemstilling.....	11
6.2 Teori.....	12
6.2.1 Lambdasonde .....	12
6.2.2 PT100-element.....	13
6.2.3 Pellets .....	16
6.3 Valg av løsninger.....	17
6.4 Teknisk.....	18
6.4.1 Funksjonsbeskrivelse .....	18
6.4.2 PLS .....	19
6.4.3 Frekvensomformer.....	21
6.4.4 PID regulator .....	25
6.4.5 Programmeringen & HMI .....	28
6.5 Arbeid utført av andre .....	33
6.6 utfordringer og løsninger .....	34
6.6.1 Testkjøring.....	35
6.7 Miljø.....	37
6.7.1 Bioenergi-teknologi .....	38
6.7.2 Økonomi i biobrensel.....	41
6.7.3 Miljøkonsekvenser ved bruk av bioenergi .....	42
6.8 Økonomisk gevinst .....	45

6.9 Måloppnåelse .....	45
6.10 Konklusjon .....	46
7. Prosjektadministrasjon .....	47
7.1 Organisering .....	47
7.2 Gjennomføring i forhold til plan .....	47
7.3 Økonomi og ressurser .....	48
7.4 Generell projektevaluering .....	49
7.5 Arbeidsmetoder .....	49
7.6 Møte .....	50
7.7 Dokumentstyring .....	50
7.7.3 Skype .....	51
7.8 Nettside .....	52
8. Referanser .....	53
8.1 Bibliografi .....	53
9. Vedlegg .....	56
9.1 Prosjektmappen .....	56
9.2 Vedlegg i rapporten .....	56
9.2.1 Programkoding - PLC_PRG (PRG-ST) .....	57
9.2.2 Programkoding - Scaling (PRG-ST) .....	58
9.2.3 Programkoding - FT_PT1 (FB-ST) .....	59
9.2.4 Programkoding - DynamicPWM (FB-ST) .....	60
9.2.5 Ghant skjema .....	61
9.2.6 Revidert ghant skjema .....	62
9.2.7 Brukermanual .....	63

## 1.2 Figurer

Figur 1 Organisasjonskart .....	9
Figur 2 Lambdasonde .....	13
Figur 3 Galileos termometer .....	14
Figur 4 Pt100 element .....	15
Figur 5 Enkel illustrasjon over anlegget med standardiserte HMI-symboler .....	18
Figur 6 En tidligere versjon av en PLS .....	20
Figur 7 Eaton PLS .....	21
Figur 8 Grunnprinsippene for en frekvensomformer .....	22

Figur 9 Bruken av en frekvensomformer.....	23
Figur 10 Blokkskjema over en PID-regulator .....	25
Figur 11 Figurene i en PID-regulator .....	26
Figur 12 Matematisk fremstilling av PID-regulator .....	27
Figur 13 Hjem-skjerm bilde .....	31
Figur 14 O2 Regulator-skjerm bilde.....	31
Figur 15 Innstillinger-skjerm bilde.....	32
Figur 16 Trending-skjerm bilde.....	33
Figur 17 Illustrasjon av ombyggingen.....	35
Figur 18 Skjerm bilde av reguleringstrenden fra testkjøring dag 7 .....	36
Figur 19 Friske blader fra et tre .....	37
Figur 20 Pellets.....	38
Figur 21 Grunnlast, spisslast og sommerlast. ....	39
Figur 22 Vanlige kjeltyper for ulike effektbehov .....	39
Figur 23 Viser produksjon og salg av pellets i Norge fra 2005 til 2012 .....	42
Figur 24 Foto: H.-G. Oed .....	44
Figur 25 Timefordeling med prosent.....	49
Figur 26 Kort visning av Dropbox .....	51
Figur 27 Illustrasjonsfoto av Skype.....	52
Figur 28 Skjerm bilde av nettsiden vår.....	53

# Studentrapport

Vievegen 2, 6800 Førde, TLF. 57 67 60 00, [www.hisf.no](http://www.hisf.no)

## 2. Referanseside

<b>Tittel</b> <b>Hovedprosjektrapport</b> Automatisert Biobrenselanlegg HSF-AIN.HO2-300.V14.001.01.A02	<b>RAPPORTNR</b> 1	<b>DATO</b> 14.02.2014
<b>PROSJEKTTITTEL</b> Automatisert Biobrenselanlegg	<b>Tilgjengelighet</b> Åpen	<b>Tall sider uten vedlegg</b> 56
<b>Forfattere</b> Trond Buanes - Prosjektleder Anne Grethe Andersen Frode Brandal	<b>Ansvarlige rettleidere</b> Marcin Fojcik Joar Sande	<b>STYRINGSGRUPPE</b> Joar Sande Prosjektansvarlig Marcin Fojcik Agnar Hellenes Oppdragsgiver
<b>OPPDRAKSGIVER</b> HELLENES AS		
<b>SAMMENDRAG</b> <p>Dette prosjektet er bacheloroppgaven vår som avgangsstudenter ved HISF, avdeling for Ingeniørfag, elektro automatiseringsteknikk. Prosjektet er et samarbeid mellom prosjektgruppen og Hellenes AS. I dag har Hellenes AS overtatt lokalene til gamle Ankerløkken verft på Øyrane i Førde. Lokalene er store i størrelse og krever mye energi for å varmes opp. I denne sammenheng har Agnar Hellenes vurdert å gå til anskaffelse av et anlegg for forbrenning av bioavfall, som for eksempel pellets. Hellenes AS har i den sammenheng laget en miniatyr av et automatisk brenselanlegg som kan justere seg automatisk ved endring av temperatur i lokaler ved ytre påvirkninger som vintertemperatur og sommertemperatur. Vi har sett litt på miljøaspektet ved biobrensel og hva denne oppgraderingen kan gi av Miljøgevinster.</p> <p>Rapporten inneholder problemstilling, prosjektadministrasjon, miljø, mål og budsjett.</p>		
<b>EMNEORD</b> PLS, Biobrensel, Miljø, Lamdasonde, PT100, Frekvensomformer, PID-regulator		

### 3. Forord

Dette hovedprosjektet er en bacheloroppgave utarbeidet av en studentgruppe ved Høgskolen i Sogn og Fjordane våren 2014. Prosjektet skal gi oss øvelse i å planlegge, gjennomføre og dokumentere en større oppgave. Ifølge læremålene skal vi gjennom prosjektarbeidet få økte kunnskaper og kompetanse i teknologisk forskning- og utviklingsarbeid, prosjektadministrasjon og faglig/administrativ dokumentasjon.

Prosjektet tok utgangspunkt i en idé Agnar Hellenes hadde fått etter at han flyttet inn i de gamle fabrikklokalene på Øyrane. Etter en samtale med han fikk vi i oppdrag å virkeliggjøre idéen. Oppdraget besto i å få bygget en prototype, hvor vi da skulle lage styring (PLS) og HMI. I tillegg har vi sett mye på miljøperspektivet med å bygge et biobrenselanlegg.

Prosjektarbeidet har resultert i en funksjonsbeskrivelse, PLS-program og touch-panel for styring av et biobrenselanlegg, teknisk dokumentasjon, operatørmanual, rapport og prosjektadministrative dokument.

Vi vil rette en stor takk til Hellenes AS ved Agnar Hellenes for godt samarbeid og rådgiving. I tillegg til utlån av det vi måtte trenge av utstyr, komponenter og faglig ekspertise for å gjennomføre dette prosjektet.

Vi vil og takke rettlederne Joar Sande, Marcin Fojcik og Olav Sande ved Høgskolen i Sogn og Fjordane, avdeling for ingeniør- og naturfag for gode råd gjennom prosjektarbeidet.

Førde, den 23.05.14

X 

Trond Buanes  
Prosjektleder

X Frode Brandal

Frode Brandal

X AnneGrethe Andersen

Anne Grethe Andersen

## 4. Sammendrag

Dette prosjektet er bacheloroppgaven vår som avangsstudenter ved HISF avdeling for Ingeniørfag, elektro automatiseringsteknikk.

Bioenergi blir en stadig mer aktuell energikilde for oppvarming. Jevne konjunkturer til tross, prisene på olje og elektrisitet har økt vesentlig de siste årene. Både offentlige og private aktører kan spare penger på å gå over til anvendelse av bioenergi. Moderne og miljøvennlig bioenergiteknologi representerer et miljøvennlig og fleksibelt alternativ basert på utnyttelse av lokale og regionale energiressurser.

Et biobrenselanlegg produserer varme ved hjelp av biobrensel og blir som oftest brukt som fjernvarme. Man kan benytte biobrensel i en vanlig vedovn eller spesialtilpassede pelletsovn. Fyrkjeler til varmeanlegg kan også benyttes eller ombygges til pellets.

Biobrensel er en fornybar ressurs som ikke bidrar til økte CO<sub>2</sub>-utslipp, forutsatt at biomassen høstes på en korrekt og bærekraftig måte. Biobrenselanlegget anvender biologisk brensel som pellets, ved og andre restprodukter av trær som bark, flis og sagmugg, samt torv og vegetabiliske oljer fra planter. Anlegget krever vann og strøm (varmeanlegg og fjernvarme) for å kunne fungere. Enova yter økonomisk støtte til investeringer i anlegg som dette [1].

Målet med oppgaven var, i samarbeid med Hellenes AS, å levere et robust styresystem for driftssikker, økonomisk og miljøvennlig styring av et biobrenselanlegg, i tillegg til å få bygget en fungerende prototype.

Vi har levert funksjonsbeskrivelse, skjerm bilde til touch-panel, og signallister. Vi har utviklet et eget program basert på funksjonsbeskrivelsen og signallister. Vi har erfart at for å lage en så komplisert styring, er det en fordel å ha en god beskrivelse å jobbe ut i fra. Vi har designet styringen objektorientert, og har fulgt NORSOK standarden I-005. Resultatet er en styring som fungerer som beskrevet og som gir trygg kontroll av anlegget.

Vi har teknisk dokumentasjon på alt vi har laget, dette er vedlagt i kapittel 3 i prosjektmappen. Operatørmanual for biobrenselanlegget beskriver hvordan anlegget skal styres automatisk fra touch-panel eller ved manuell drift. Manualen er vedlagt i kapittel 2 i prosjektmappen.

Vi har sett litt på miljøaspektet ved biobrensel og hva denne oppgraderingen kan gi av miljøgevinst. Vi har ikke gjort noen økonomisk studie på prosjektet.

Prosjektet sin nettside ble opprettet tidlig og vi har brukt den til å legge ut nyheter, dokument og bilder fra prosjektarbeidet.

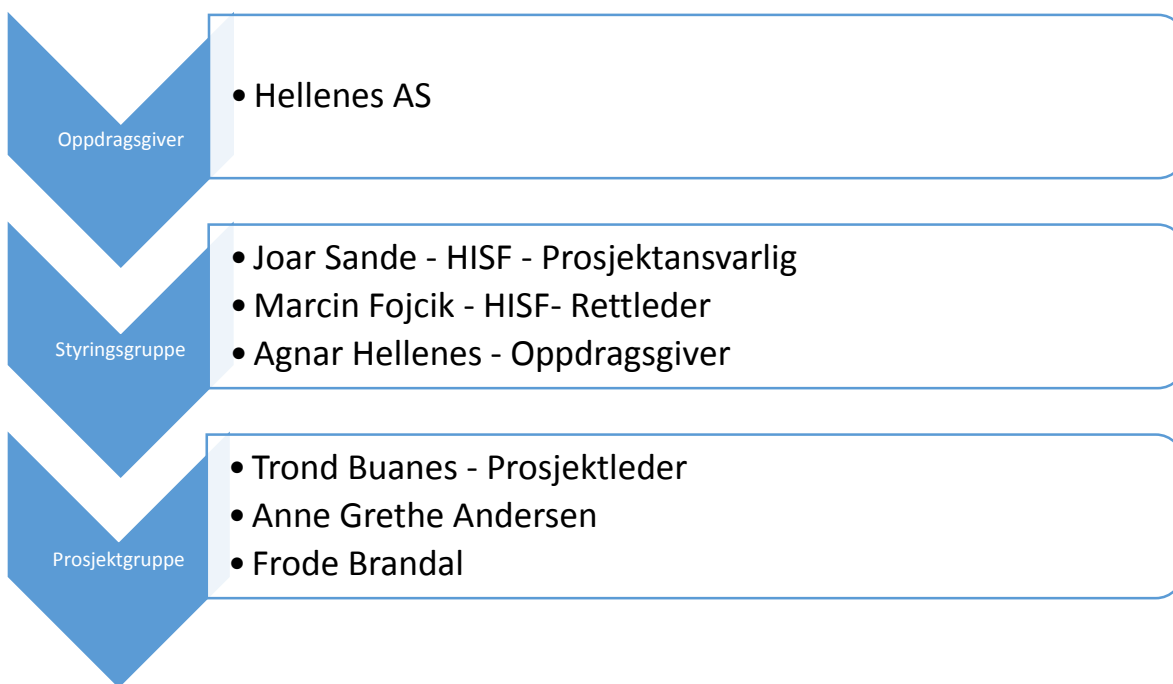
## 5. Innledning

I siste semesteret av ingeniørutdannelsen skal alle gjennomføre et hovedprosjekt som er bachelor-oppgaven. Det omfatter 20 studiepoeng og blir normalt gjennomført i grupper på 2 til 4 studenter. Prosjektet skal være praktisk eller teoretisk og det blir lagt opp til samarbeid med lokale bedrifter. Det skal helst være et utviklings-/forskningsprosjekt der gruppen selv skal ende opp med et fysisk produkt eller en teoretisk dokumentasjon. Gruppesamarbeid, dokumentasjon og kvalitetssikring av resultatet blir lagt stor vekt på. Ellers omfatter prosjektet planlegging, kostnadsoverslag, tilegning av kunnskap, prosjektering, undersøkelser og selve utviklingen av produktet.

Prosjektgruppa består av Trond Buanes, Frode Brandal og Anne Grethe Andersen. Vi har gjennom Hellenes AS funnet et passende prosjekt, og det er de som er våre oppdragsgivere. Styringsgruppa består av rettleidere Marcin Fojcik og Joar Sande, representant fra oppdragsgiver er Agnar Hellenes. Styringsgruppa har godkjent dette som et hovedprosjekt, med tanke på omfang og relevansen til utdannelsen.



Dette ble et spennende prosjekt der vi fikk bruke både en del av tidligere erfaring/læring og i stor grad fikk nye utfordringer.



Figur 1 Organisasjonskart

## 5.1 Hellenes AS

Hellenes AS er et hurtigvoksende teknologiselskap med hovedsete i Førde i Sunnfjord, Sogn og Fjordane. I 1998 etablerte Agnar Hellenes Hellenes Elektromekaniske. Agnar Hellenes har bred industriell erfaring innen landbasert nedstrøms olje- og gassindustri og miljøvennlig renseteknologi. Han har bakgrunn fra automasjon, elektro og mekanisk ingeniørarbeid. Basert på det gode samarbeidet med hovedkunden Thermtech AS, og ikke minst den voksende og gledelige tilfredsheten hos andre store kunder, ble Hellenes AS grunnlagt i 2002. Selskapet fikk i 2008 Tempo-prisen for Sogn og Fjordane for å ha hatt en rask og sunn vekst. I dag har Hellenes AS overtatt lokalene til gamle Ankerløyken verft på Øyrane i Førde. Der har Hellenes et anlegg for testing og produksjon, i tillegg til hovedkontoret for administrasjonen. I lokalene er det plass til å konstruere og bygge store og komplekse produksjonsanlegg innen automasjon, elektrisk og mekanisk.

Hellenes AS er delt inn i mindre enheter:

- Hellenes Industries - produksjonen i Førde.
- Planlegging, ingeniørarbeid, konstruksjon, produksjon, bygging og tilpassing
- Hellenes Engineering - ligger i Stryn i Nordfjord.

- Industri on-/offshore, mekanisk, prosessering, rørlegging, pumper, 3D- design, analyse/testing.
- Hellenes Marine spesialiserer seg på automasjonsløsninger for oppdrettsanlegg, og andre løsninger for automasjon og prosesskontroll.

Hellenes lager avanserte system for automasjon og kontroll, og hjelper kunden å nå produksjonsmålene.

Hellenes Energy fokuserer på kontrolløsninger for små og mellomstore vannkraftverk.

Pålitelighet gjennom sikkerhet og funksjonalitet. Tilpassede løsninger og systemovervåking.

Hellenes Security leverer porter og portløsninger for private og industri [2].

## 5.2 Problemstilling

Norske myndigheter arbeider målrettet for å tilrettelegge og fremme bruken av ny fornybar energi i Norge, herunder bioenergi. Det vanligste bruksområdet for bioenergi er oppvarming. Varmeproduksjon kan foregå i en lokal varmesentral for forsyning av et enkelt bygg (punktvarme) eller et mindre område (nærvarme). I tettsteder med blokkbebyggelse og industriområder kan det være lønnsomt å etablere et fjernvarmenett som distribuerer varme over et større område, eventuelt fra flere varmesentraler.

I sammenheng med at Hellenes AS har overtatt de gamle verft lokalene på Øyrane i Førde, har han tenkt installere biobrenselanlegg her. Han har bedt oss lage en liten modell av det planlagte anlegget, der han senere kan ta i bruk det programmerte PLS-programmet det virkelige anlegget når han får montert dette opp.

Vi i studentgruppa har i samarbeid med Hellenes AS utarbeidet en funksjonsbeskrivelse, håndtering av signal og programmering av PLS. Vi hadde planlagt å lage en alarmliste i tillegg, men på grunn av prosjektet sitt omfang var det tidsmessig ikke mulig å gjennomføre.

### 5.2.1 Avgrensing

Hellenes AS skal selv bygge det endelige anlegget. Hellenes AS bygget en liten modell, hvor vi simulerte biobrenselanlegget. Programmering av PLS og HMI, målinger av O<sub>2</sub>, temperaturer og lufttilførsel var vår jobb.

### 5.3 Mål

Målet var å designe, programmere og bygge et forbrenningsanlegg som er miljøvennlig og som gir Hellenes AS mest mulig effekt overført fra brensel til varme i bygget. Dette anlegget skal fungere automatisk og kan startes og styres via internett med tanke på temperatur i lokalene. Ved eventuell feilmelding skal en kunne sjekke dette via nettet.

#### 5.3.1 Hovedmål

Hovedmålet vårt var å få til et best mulig fungerende system som kan brukes i sin helhet i ettertid. Det vil si at vi måtte ha en fungerende prototype av det planlagte anlegget på Hellenes AS.

#### 5.3.2 Delmål

- Funksjonsbeskrivelse
- Beskrivelse av signal- og alarmhåndtering
- HMI-bilde
- PLS-program
- Vurdering av økonomi- og miljøgevinst
- Prosjektrapporter og dokumentasjon.
- Internettside og plakat

## 6. Hoveddel

### 6.1 Klargjøring av problemstilling

Funksjonsbeskrivelsen skulle inneholde en beskrivelse av hvordan systemet skulle fungere i forskjellige modus, flytskjema som forteller hvordan prosessen fungerer, beskrivelse over hver del av anlegget og oversikt over utstyret. I tillegg hvilket signal som finnes i anlegget og hva aksjoner som skal iverksettes på de ulike signalene (forvarsel, hurtig- og nødstop) og grenseverdier for de analoge signalene.

Målet var å lage informative og oversiktlige skjermbilder på PLS'en. En del av jobben her var å ta stilling til hva som ikke måtte være med på touch-panelet.

I det anlegget Hellenes AS ser for seg å bygge, er det ønskelig å ha med funksjoner som for eksempel automatisk start, innfasing, drift og stopp. Derfor ville bedriften at vi skulle ha med dette i vårt prosjekt, men utfordringen vår var å få til en regulering som kontrollerte forbrenningen og gjorde denne optimal.

## 6.2 Teori

### 6.2.1 Lambdasonde

For å måle utslippene fra biobrenselanlegget har vi valgt å bruke en lambdasonde som blir brukt i bensindrevne motorer, blant annet i biler. I et forbrenningsanlegg vil igangkjøring og nedkjøring av forbrenningsanlegget gi et ikke optimalt avgassnivå. I disse to periodene vil lambdasonden måle verdier utenfor gitt måleområde. Når anlegget er i gang og lambdasonden oppnår arbeidstemperatur, vil lambdasonden måle de reelle O<sub>2</sub>-nivå som er i avgassen og gi beskjed om dette til PLS-styringen som igjen vil gjøre endringer slik at vi får de rette nivåene. Lambdasonden jobber i spenningsnivå mellom 0.2 og 0.9 Volt. Denne spenningen vil justere seg etter oksygenivået i avgassen. Lite oksygen vil gi signal ned mot 0.2 Volt, mens mye oksygen vil gi signal opp mot 0.9 Volt. Lambdasonden vil sammen med andre sensorer i anlegget (temperatursensorer) styre hele forbrenningsprosessen. Gjøres en ytre påvirkning av temperaturen, vil anlegget justere enten luft- eller brenselmengde. Det er denne prosessen lambdasonden kontrollerer og avgjør hva som skal justeres opp eller ned.

Lambdasonden eller O<sub>2</sub>-sensor som den også kalles, er en sensor som måler oksygeninnholdet i eksosen. Det vil si overskuddet av oksygen i forbrenningen. Signalet sendes til innsprøytnings styreenhet og brukes av den til å korrigere innsprøytningstiden for å danne et ideelt blandingsforhold med tanke på avgasser, katalysatoren og avgassrensingen, men ikke for kaldstart og toppeffekt. Når alt er i orden bør spenningen fra lambdasonden pendle mellom 0,2 og 0,9 Volt (dette gjelder eksempelvis på en bilmotor hvor turtall kan variere hyppig). Som tidligere nevnt, finnes det også forgassermotorer med lambdasensor (tidlig `90-tall), som for eksempel boxer-motoren som ble brukt i Subaru Justy.

Motorstyringen bruker turtall, spjeldvinkel og luftmasse, luftmengde eller MAP-sensor for å beregne innsprøytningstiden, og bruker blant annet lufttemperatur, kjølevæsketemperatur, drivstofftemperatur og lambdaverdier for å korrigere eller finjustere dette til mest mulig korrekt nivå.

Dersom lambdasonden går i stykker vil dette normalt oppfattes av styreenheten som går over til å kjøre i nødprogram, og vil ofte merkes ved nedsatt effekt, feilttenning og motorfeil-lampe som tennes. Defekt lambdasonde kan ødelegge katalysatoren.

Nyere biler har ofte en mer avansert A/F-sensor (Air/Fuel-ratio, luft/drivstoff-forhold) istedenfor lambdasonden. Lambdasonden krever en viss temperatur for å virke og er ofte montert rett i manifolden og med varmeelement for å virke fortere. En del biler har også lambdasonde etter katalysatoren for å kontrollere funksjonen av denne [3]



Figur 2 Lambdasonde

### *Lambdasonden sin virkemåte i vårt system*

Montert i vårt system vil sensoren bli målt med spenningene som den gir ut. Den vil gi utspenninger fra 0,2 – 0,9V, hvor da 0,2V tilsvarer en oksygenmengde i avgassen på 6-7 %. Denne verdien tilsvarer en optimal forbrenning ved høy last av anlegget, det vil si maks forbrenning. Høy last vil en kunne regne med å bruke ved igangsetting av anlegget og ved kalde dager om vinteren, samt ved oppvarming av store lokaler/haller.

0,9V vil bli gitt ved oksygenivå på 20,9 %. Det er nivået som vi har i luften for eksempel i et rom. Ved lav last vil oksygenivået være 10-11 % ved en optimal forbrenning og dette er ved bruk av anlegget på sommertid.

### 6.2.2 PT100-element

#### *Termometer*

Et termometer er et instrument for å måle temperatur. Temperatur måles i enheten grad, men det er flere forskjellige skalaer. Den internasjonale standarden er kelvinskalaen, mens den mest brukte i Norge er celsiusskalaen. Videre fins blant andre fahrenheit- og réaumurskalaen. Det finnes også flere ulike termometre som bygger på forskjellige prinsipper for temperaturmåling.



Figur 3 Galileos termometer

Som temperaturføler har vi valgt å bruke et PT100-element. Dette er en føler vi har god kjennskap til fra tidligere semester, gjennom faget reguleringsteknikk.

Et PT100-element er et motstandstermometer basert på en motstand som forandrer seg med temperaturen. Motstanden er av platina. Måleelementet er rent teknisk bygget opp av en tynn tvinnet platinatråd inne i en metallisk beskyttelse, og er 100 ohm ved 0°C, derav navnet. PT100-elementer er svært nøyaktige og anvendes i sammenhenger der det er behov for nøyaktige temperaturmålinger. PT100-elementet har et stort målområde og påliteligheten er god, men nøyaktigheten i form av oppløsning er ikke så veldig god [4].

#### *Ulike måleprinsipp*

Prinsippet bak termometeret er at stoff (gass, væske og faste stoffer) utvider seg eller trekker seg sammen når temperaturen endres etter ekso- og endotermiske reaksjoner:

Kvikksølvtermometer: Tynne glassrør med en kvikksølv-boble nederst.

Et bimetalltermometer: To ulike metaller som er valset sammen. Når de varmes opp, utvider ikke metallene seg like mye, så bimetallet vil bøye seg. Dette kan vi lese av på en skala eller måle på andre måter.

#### *Fylte termometer:*

Bourdonrør er et tynt, væskefylt rør som ligger i en spiral. Når det blir varmt og væsken utvider seg, vil spiralen prøve å rette seg ut.

Gassfylte termometer baserer seg på trykkendring. Trykkendringen er proporsjonal med varmeendringen.

#### *Dampspenningstermometer.*

Termoelement eller Thermo-couple er to ulike metaller som induserer en spenning når de kobles sammen. Spenningen er avhengig av varme, så vi kan regne ut temperaturen ut fra spenningen som blir indusert.

Motstandstermometeret baserer seg på endringen vi får i den spesifikke motstanden når et metall blir oppvarmet. Ved å måle motstanden gjennom elementet, kan vi finne ut hvor varmt elementet er.

Måling ved hjelp av elektromagnetisk stråling:

- Strålingspyrometer.

Andre målemetoder:

- Akustisk termometer.
- Kvantstermometer.



Figur 4 Pt100 element

### Temperaturvakt

En termostat er en temperaturvakt. Det er et instrument som avgir et signal når temperaturen går over eller under fastsatte grenser. Termostaten kan være satt sammen av et temperaturelement og et relé eller en bryter. Man kan også bruke en halvlederkomponent og måle elektronisk. Det er vanlig å bruke termostater i svært mange apparat med varmeelementer, som komfyrer og varmeovner.

Temperaturvakter kan også være integrerte elektronisk i en måleomformer, en PLS eller liknende. I vårt prosjekt vil termostaten være innebygd i varmeveksleren. [5]

### K-element

Type K er det mest vanlige termoelementet med en følsomhet på ca.  $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Type K ble laget i en tid da metallurgi var mindre avansert enn det er i dag og dermed kan egenskapene variere betydelig fra element til element. En av metallkomponentene (nikkel) er magnetisk. Karakteristikken for termoelementer laget av magnetisk materiale, er at de får et avvik når materialet når sitt Curie-punkt. Dette skjer for type-K termoelementer på rundt  $350^\circ\text{C}$ .

Type K termoelementer kan brukes opp til  $1260^\circ\text{C}$ . [6]

### 6.2.3 Pellets

Pellets er en energikilde som er laget av treflis, skogsavfall, sagbruksavfall, torv eller landbruksavfall. I Norge er det meste av produksjonen basert på treflis. Prosessen koker og presser sammen treflisen under trykk uten bruk av bindemidler. En pellets har en diameter på 6-12 mm. Pellets blir mest brukt i pelletsovner og mindre varmesentraler. Briketter blir mest brukt i større anlegg. [7]

#### *Brennverdi*

Norske pellets blir oftest produsert av gran eller furu. Disse treslagene har en noe lavere brennverdi enn bjørk. Retningslinjene i Norsk Standard NS 3165, sier at energiinnholdet i en trepellets (gruppe 1) må være på minst 16,9MJ/kg (4,7kWh/kg) og fuktinnholdet være maksimalt 10%. En kamin som har virkningsgrad på 85% får et effektivt energiinnhold 4,0kWh per kg. Vi får en brenselpris på rundt 75 øre/kWh om kiloprisen på pellets er 3,00 kr.

#### *Norsk produksjon*

Norsk produksjon har gått nedover de siste fire årene. Den største pelletsfabrikken i Norge var plassert på Averøya i Møre og Romsdal og hadde en kapasitet på 450 000 tonn, men ble nedlagt i 2012 etter bare to års produksjon. I dag blir det meste av pelletsen importert fra USA og Canada.

#### *Norsk forbruk*

Tross mindre norsk produksjon av pellets øker forbruket. Økningen i forbruk av pellets skyldes at det er kommet flere varmesentraler som bruker pellets. Pellets som blir brent i pelletsovn eller pellets kamin brenner svært rent med lave verdier av sot og partikler. Dette er gunstig for astmatikere og allergikere som blir plaget av vedfyring. De klarer ofte å tilpasse seg fyring med pelletsovn.

Høsten 2006 vedtok den norske regjeringen å gi økonomisk støtte til innkjøp av pelletsovn [8].

Det har vært utfordrende å finne tilstrekkelig med informasjon og faktatall av nyere dato enn 2010. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 6 og avsnitt 6.7.2 Økonomi i biobrensel.



### 6.3 Valg av løsninger

Litt om sensorene sine funksjoner:

#### *Lambdasonden*

Lambdasonden vil som tidligere nevnt være den som gir oss tilbakemelding om forbrenningen er optimal eller ikke gjennom å lese restnivået av oksygen i avgassene (eksosen) i pipen.

Dette kan vi se på spenningsnivået vi får ut fra sonden. Dette spenningsnivået skal prosesseres på PLS-enheten. Ved en optimal forbrenning på sommertid når det er lite last og anlegget går for vedlikehold av temperatur, vil og bør oksygenivået ligge på ca. 10-11% i restverdi. Om vinteren når anlegget kjører på tung last vil oksygenivået ligge på 6-7% i restverdi, etter at optimal forbrenning er oppnådd. Ved sistnevnte oksygenivå vil lambdasonden gi oss en signalspenning på ca. 0,2V. Som tidligere nevnt jobber lambdasonden med signal fra 0,2-0,9V. 0,9V tilsvarer et oksygenivå på 20,9%, noe som vil si ren luft som vi puster. Dette signalet kan vi måle fra sonden om vi plasserer den i friluft på et bord eller liknende.

Signalspennet fra 0,2 til 0,9V må vi da skalere opp mot oksygenspennet fra 6-7 til 20,9%.

#### *PT-elementene (PT100 / PT1000)*

Disse to elementene skal vi bruke på strategiske plasser i systemet for å overvåke og styre temperaturen som skal hentes ut av anlegget når det er i drift. PT-elementene vil sammen med lambdasonden være med å styre anlegget. De vil gi oss verdifull informasjon som trengs for å oppnå optimal forbrenning ved de forskjellige temperaturer som er valgt av bruker, uansett vær og temperatur i omgivelsene rundt der anlegget står og skal brukes.

Vi skal og bruke et kontrollelement (PT) for å overvåke temperaturen i brennkammeret. Dette er for å kunne foreta en avstenging av anlegget ved unormalt høye temperaturer, samt gi en alarm om at «noe» er i ferd med å skje. Dette er et HMS-tiltak for å sikre ovnen for overoppheting og en eventuell ulykke i tilfelle noe skulle gå galt.

I tillegg vil vi bruke et PT-element for å måle og holde kontroll på temperaturen i avgassen fra brennkammeret. Dette elementet vil og kunne brukes til å holde øye med sotnivået i røret for avgassen. Dette gjøres enkelt ved at når det blir for mye sot i røret, så vil temperaturen øke til et unormalt nivå. Da kan vi legge til en alarmfunksjon ved for eksempel en økning på 200°C, som vil gi en indikasjon på for mye sot.

Andre PT-elementer vil bli brukt til å overvåke temperaturer ellers i installasjonen.

### *K-element*

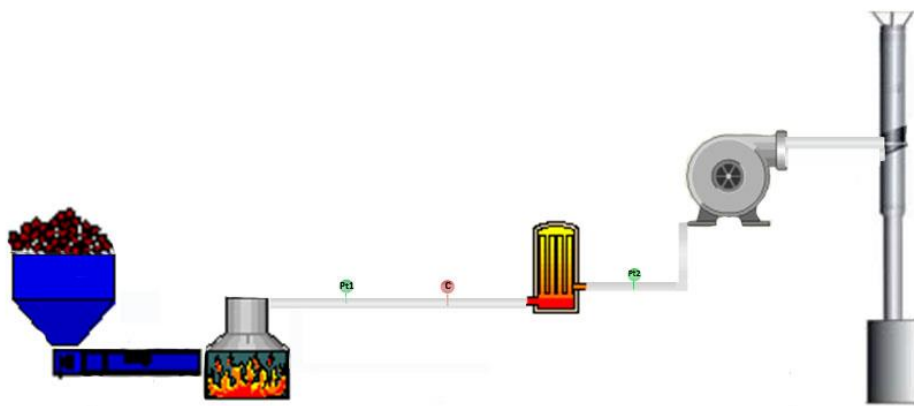
På grunn av varmen vi fikk i anlegget, måtte vi underveis i testkjøringen bytte ut PT100-elementet med et K-element. Denne temperaturføleren har stort sett samme funksjoner som PT100, men tåler høyere temperaturer. Dessverre er den litt mindre nøyaktig, men i vårt prosjekt var ikke dette utslagsgivende for systemet.

## 6.4 Teknisk

### 6.4.1 Funksjonsbeskrivelse

Funksjonsbeskrivelsen skal være en komplett beskrivelse av hvordan anlegget skal fungere, med ord. Her inngår styrestrømskjema, IO-lister og spesifikasjoner på komponenter samt en operatørinstruks.

I vårt prosjekt har vi laget en arrangementtegning, hovedstrømskjema og et styrestrømskjema. Dette er vedlagt i kapittel 4 i prosjektmappen. IO-lister laget vi ikke, da vi ikke brukte rekkeklemmer.



*Figur 5 Enkel illustrasjon over anlegget med standardiserte HMI-symboler*

#### 6.4.2 PLS

Programmerbar logisk styring (PLS - på engelsk Programmable

logic controller) er en datamaskin som brukes i industrien for å automatisere oppgaver som produksjon og kontroll av for eksempel nivåer i siloer/tanker. PLS'en har tatt over oppgavene som hundrevis eller tusenvis av releer gjorde tidligere og kan programmeres til å gjøre det samme. Det finnes i dag et stort utvalg av PLS'er, fra de små og enkle med integrerte innganger, utganger og med innebygd relé, til kraftige modulbaserte modeller. De benyttes i alt fra enkel lys- og varmestyring i hus og hytte, til store avanserte automasjons- og prosessanlegg, oljeinstallasjoner og skip.

Hovedforskjellen fra andre datamaskiner er inn- og utgangene til PLS'en. Disse blir koblet til pådragsorganer og sensorer. Inngangen til PLS'en er enten digital eller analog. De digitale inngangene kan lese to tilstander, 0 og 1 (av og på) og blir eksempelvis koblet sammen med strømbrytere, endebrytere, tilbakemeldinger fra releer, gassalarmer, brannalarmer og andre tilstandverdier som er digitale. De analoge inngangene kan bli koblet sammen med transmittere som temperatur-, nivå- og trykk-transmittere og andre tilstandsverdier som er analoge. Det finnes mange forskjellige analoge signaler der 4-20mA og 0-10V er mye brukt. Utgangene kan bli koblet sammen med elektriske motorer, ventiler, hydrauliske eller pneumatiske sylindere og så videre. Disse kan bli styrt digitalt med kontaktor og analogt med for eksempel en frekvensomformer.

En PLS opererer syklisk og for hver periode blir først alle innganger, utganger og eventuelle lagrede tilstander (tidstelling, inkrementerte verdier og tilsvarende) innlest i minnet. På grunnlag av disse innleste dataene blir det beregnet nye verdier for utgangene og til slutt vil utgangene bli satt til disse verdiene. Deretter starter en ny syklus. Dette krever noe beregningstid og det betyr at verdier som endrer seg raskere enn PLS'en sin syklustid, i ytterste konsekvens ikke fører til endringer på utgangen. Det er derfor viktig at syklustiden er lavest mulig og dette må tas hensyn til ved valg av PLS-modell.



*Figur 6 En tidligere versjon av en PLS*

PLS'en vi bruker er en HMI/PLS med berøringsskjerm XV-102. Den er kompakt, med høy ytelse og en intelligent mikropannelløsning. Den har fulle grafiske skjermer og maksimal kraft til en svært konkurransedyktig pris. Modellen er tilgjengelig i 3,5", 5,7" eller 7" widescreen TFT-skjerm som har en resistiv berøringsskjerm. Det er den ideelle løsningen når plassen er et problem i automatiseringsmiljøer og gir maskinbyggeren en kompakt betjeningsenhet som tilbyr betydelig mer funksjonalitet enn konvensjonell tekstvisning.

Denne enheten har den mest moderne IT-teknologien med de klassiske PLS- og HMI-teknologier. Kontroll, visualisering og dataadministrasjon av oppgaver sammen med moderne nettverksfunksjoner er kombinert i en HMI/PLS-enhet. Berøringsskjermkontroller av XV-102 serien har «Lean Automation» løsninger med enkle konsepter og få komponenter. Smartwire-DT forbinder alle deler av maskinen fra driftsnivå til visualisering og kontrollenheter, fra hovedbryteren og helt ned til sensorer og aktuatorer. Standard feltbusskomponenter kan også kobles via CAN og PROFIBUS DP-grensesnitt.

#### Spesielle funksjoner på HMI/PLS:

- Berøringsskjermkontroller basert på Windows CE 5.
- Smartwire-DT mester grensesnitt. Opp til 99 enheter kan kobles til en linje på maks. 600 m lengde.
- Høy ytelse ved bruk av 400 MHz RISC-prosessor.
- Optimal integrering i IT-verden takket være Ethernet-grensesnitt.
- I tillegg til Smartwire-DT, vil CAN og PROFIBUS DP-grensesnitt forenkle integrering av standard feltbusskomponenter.
- Utvidbart minne med et SD-kort.

- Høyoppløst, klare TFT-skjermer, 64k farger.
- Lett å installere i trange områder på grunn av sin størrelse.
- Installasjon i stående konfigurasjon mulig for alle enheter.
- UL/cUL-godkjenninger garanterer verdensomspennende bruk.
- Smartwire-DT I/O-moduler forenkler universale systemløsninger.
- Komfortabel prosjektering av Smartwire-DT linje via CoDeSys eller SWD-Assist (online diagnosefunksjon i SWD-Assist).
- Opprettelse av visualisering kan foretas enten med GALILEO, høy ytelse, intuitivt visualiseringsverktøy, eller med CoDeSys-Visu.
- Alle enheter har en web-server [9].

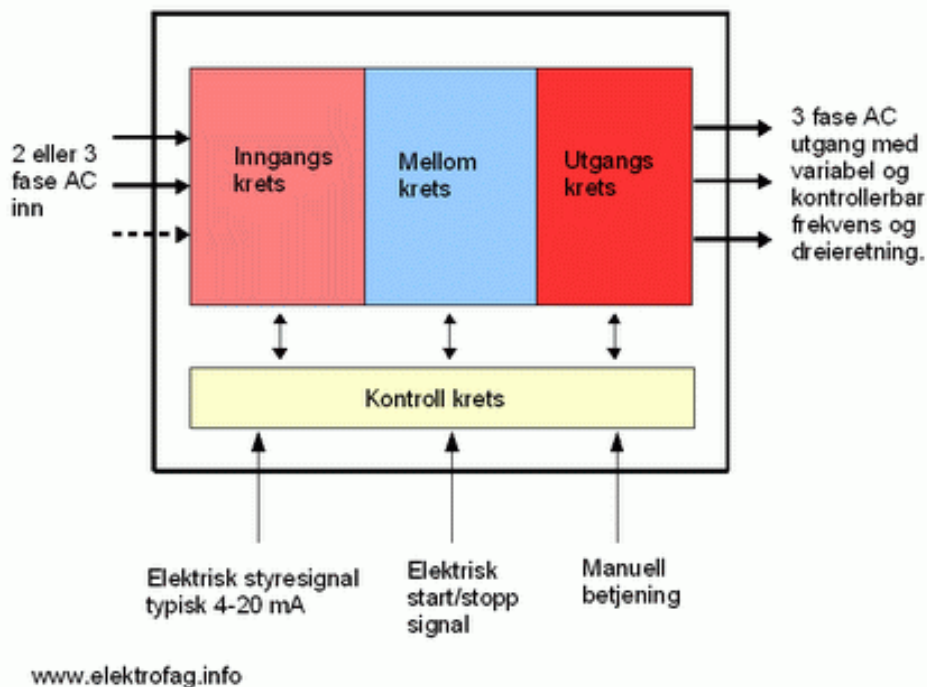


Figur 7 Eaton PLS

### 6.4.3 Frekvensomformer

Under følger en beskrivelse av grunnleggende prinsipper for frekvensomformerens funksjon og virkemåte. Frekvensomformeren er en elektroteknisk komponent som i dag er brukt i svært mange sammenhenger. Det finnes små frekvensomformere beregnet på mindre automasjonsoppgaver, og det finnes også svært store frekvensomformere til framdrift av for eksempel lokomotiver og skip. Selv om den praktiske anvendelsen av frekvensomformeren er ganske ulik og mangfoldig, så er de grunnleggende prinsippene for hvordan en frekvensomformer fungerer omtrent like. Men det finnes allikevel en del forskjellige typer og variasjoner over dette temaet. Under følger en skisse som viser noen grove prinsipper for hvordan en frekvensomformer fungerer:

## Grunnprinsippene for en frekvensomformer



Figur 8 Grunnprinsippene for en frekvensomformer

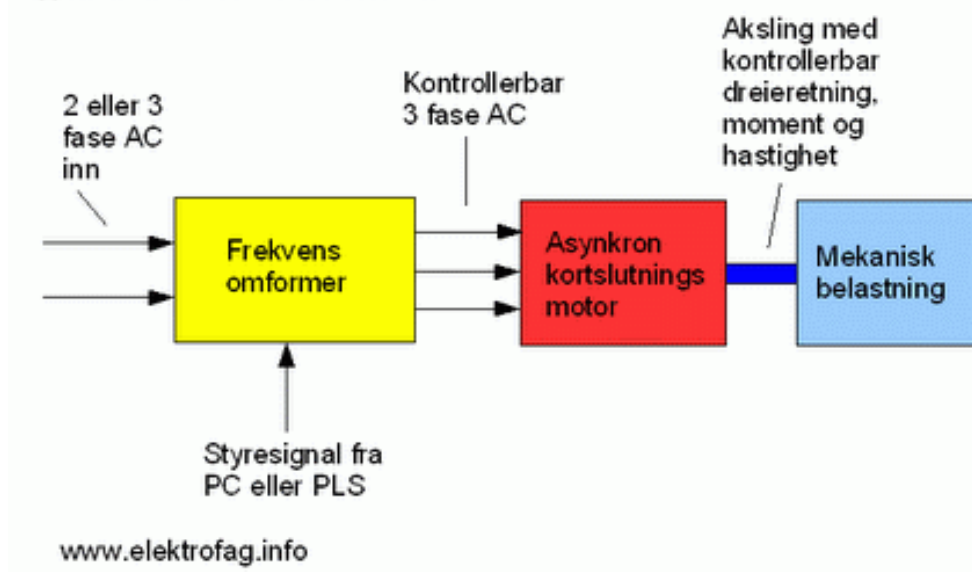
Frekvensomformeren mottar typisk en driftsspenning som kan være to- eller tre-faset, fra nettet. Inngangskretsens oppgave er å likerette den inngående spenningen til en likespenning og en likestrøm som leveres videre til mellomkretsen. Mellomkretsens oppgave er å kontrollere, stabilisere og glatte ut likespenningen som den mottar fra inngangskretsen. Utgangskretsens oppgave er å omdanne likespenningen fra mellomkretsen til en kontrollerbar tre-faset utgangsspenning, der det er mulig å kontrollere både amplitude, frekvens og dreieretning. Kontrollkretsens oppgave er å styre og regulere alt det som skjer inne i frekvensomformeren. Kontrollkretsen kan også motta elektriske styringssignaler fra PC, PLS og annet automasjonsutstyr, samt også et eget start/stopp-signal og signal for dreieretning. Frekvensomformeren vil vanligvis også ha et lokalt betjeningspanel for manuell betjening.

*Bruken av frekvensomformeren.*

Bruksområdene er som nevnt over, svært mange. Til mindre automasjonsoppgaver så brukes den ofte til å kontrollere dreieretning, turtall og moment til en asynkronmotor.

Skissen under viser hvordan dette kan foregå:

## Typisk bruk av frekvensomformer



Figur 9 Bruken av en frekvensomformer

Vi ser på skissen over hvordan vi lett kan gi en PC eller en PLS "muskler" ved hjelp av en frekvensomformer. Det enkle prinsippet er at frekvensomformerer tilføres energi i form av to- eller tre-faset elektrisk energi. Ved hjelp av elektriske styresignaler og ofte også et lokalt betjeningspanel så kan vi kontrollere start/stopp, dreieretning, moment og turtall for en asynkronmotor som er koplet opp mot frekvensomformerer. Den mekaniske lasten kan være av alle mulige typer. Hvis vi har montert en asynkronmotor opp mot en lineær aktuator av skruetyper, så kan vi for eksempel kontrollere et stempel som går ut og inn. En annen både typisk og mulig anvendelse er å la asynkronmotoren trekke en pumpe som pumper vann eller en annen væske. På denne måten så kan vi for eksempel lage en regulering for nivå eller gjennomstrømning, uten å gjøre bruk av en reguleringsventil som kan være en forholdsvis kostbar og komplisert komponent. Kombinasjonen av frekvensomformer, asynkronmotor og pumpe, kan i mange tilfeller bli mer energieffektiv enn bruken av en reguleringsventil (for avstrupning) til det samme formål. [10]

*EATON DC1*

Vi bruker en frekvensomformer av typen EATON DC1, som er ideell for bruk til vifter, pumper og samlebånd og liknende. Dette dekker det meste av industrimateriell, som blir drevet av en elektromotor. DC1 har et veldig enkelt menysystem for oppsett av parametere for tilpassing til den elektromotoren som den skal drive. Enkelt forklart er den en elektroteknisk

enhet som omformer vekselspanning med en gitt frekvens, til vekselspanning med en annen frekvens og spenning.

I prosjektet vårt bruker vi denne til å styre viftemotoren vår som må ha en automatisk trinnløs justering av hastigheten (frekvensen). PLS'en vil motta signaler fra diverse sensorer og i hovedsak lambdasonden. Disse signalene vil bli prosessert internt i PLS'en. Denne vil da sende ut de nødvendige signal til frekvensomformerer, og denne omgjør signalene til en gitt frekvens som motoren skal gå på.



### Våre utfordringer med frekvensomformerer.

Denne frekvensomformerer (EATON DC1) er en ny frekvensgenerator som vi i gruppen eller ingeniørene hos Hellenes AS ikke har særlig erfaring med. Det viste seg at under vår feilsøkingsøkt fant vi ut at den kan stilles inn på to måter: Den ene måten er at du kan stille den inn etter parameterne som er oppgitt på motoren angående maks omdreiningshastighet. I tillegg kan den stilles inn på frekvens (Hz). Vår motor er innstilt til å gå fra 20 til 60 Hz. Hvis en legger inn alle parameterne i frekvensomformerer, vil parameterne for omdreininger overkjøre frekvensparameterne og sette disse inaktive. Dette har vært utfordrende og tidkrevende for oss i gruppen, i lag med en elektriker og en ingeniør ved Hellenes, å finne ut av.

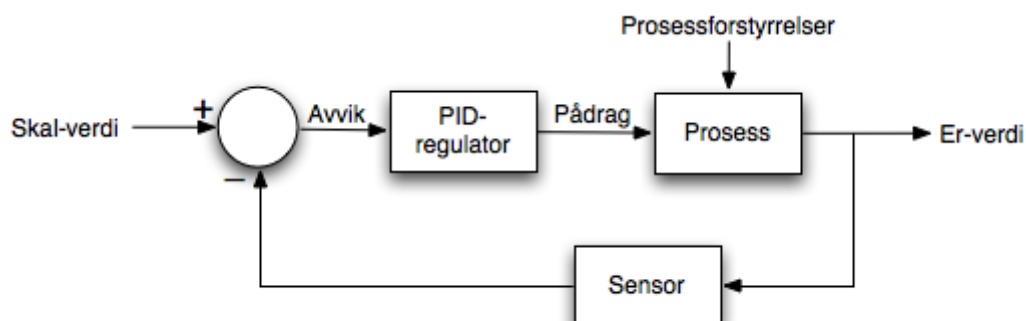
#### 6.4.4 PID regulator

En PID-regulator er en kontinuerlig regulator. Justeringer i pådraget blir gjort kontinuerlig. Det kan gjøres justeringer i små gradvise steg slik at vi slipper tilstander som er kun av eller på. For eksempel en PID-regulator i en panelovn vil være meningsløst om det kun er av- og på-funksjon i ovnen.

Bokstavene PID står for *proporsjonal*, *integrering* og *derivering*. Dette er betegnelser på de ulike matematiske metodene som brukes i en PID-regulator.

#### Virkemåte

En PID-regulator jobber hele tiden med avviket i reguleringsløyfen. Er-verdien blir ikke tatt hensyn til. Den prøver å få avviket mellom skal-verdi og er-verdi til å bli så lite som mulig. Avviket blir først utregnet (sirkelen i figur 10 nedenfor), deretter sender PID-regulatoren beskjed til pådragsorganet om hva som må gjøres for å få avviket mindre.



Figur 10 Blokkdiagram over en PID-regulator

Vi fant en god fremstilling vi her har sitert direkte:

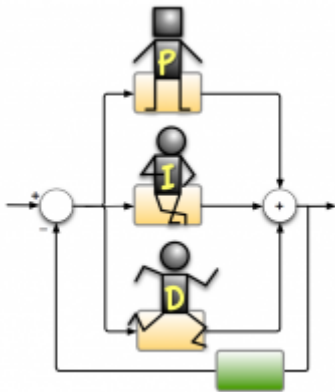
En kan tenke seg at en PID-regulator er som tre typer operatører med hver sin personlighet. Alle tre sitter inne i boksen som er merket “PID-regulator” i figur 11. Vi skal nå ta en titt på personligheten til alle tre.

**P-operatøren** er en temmelig firkantet type. Når han får beskjed om hva avviket er, ganger han det bare med et tall og sender det videre. Han grubler ikke på om det kunne vært lurt å gjøre noe annet, men utfører bare det samme gangestykket hele tiden.

**I-operatøren** er en rolig og avslappet fyr. Han beholder fatningen selv om avviket plutselig skulle bli stort. I stedet justerer han litt og litt om gangen og vet at han ordner sakene bare han får litt tid på seg.

Til slutt har vi **D-operatøren**. Han er kvikk og ivrig. Så fort han ser at avviket øker, skrur han pådraget opp. Hvis han oppdager at avviket minker, skrur han pådraget ned. Men D-operatøren gjør bare noe når han ser at avviket endrer seg. Hvis avviket er det samme hele tiden, gjør han ingenting.

Hver av disse tre typene har altså sine styrker og svakheter, men når de jobber sammen blir resultatet veldig bra. [11]



Figur 11 Figurene i en PID-regulator

### Vår PID-regulator

Vi forsøkte å finne korrekte innstillinger for PID-regulatoren. I starten satte vi forsterkningen  $K_P=0,25$ , Integrasjonsleddet  $I=150$  og derivasjonsleddet ble satt lik null  $D=0$ . I denne testen

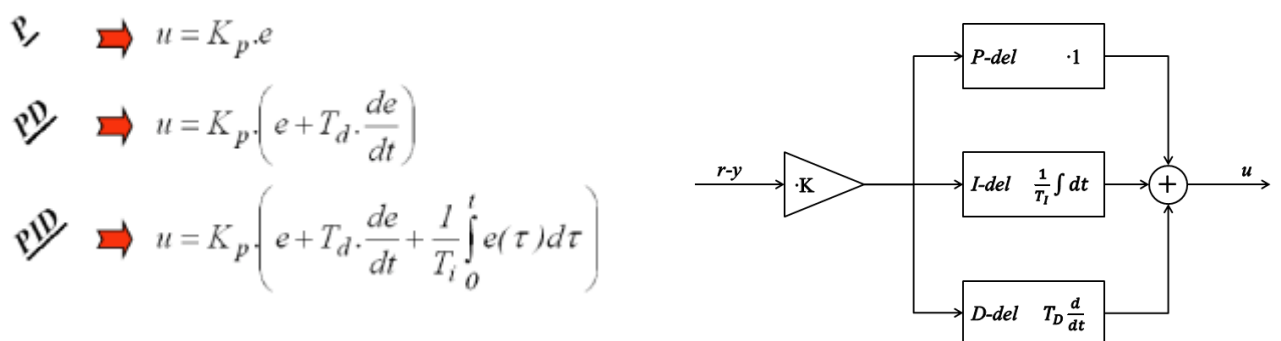
hadde vi kontinuerlige målinger av lambdasonden. Dette resulterte i en ukontrollerbar regulering, da vi fikk et stasjonært avvik enten over eller under settpunkt. Ved endring av settpunktet kunne avviket forflytte seg til motsatt side.

Videre undersøkelser på lambdasonden fortalte oss at denne ikke gir ut et konstant signal, men svinger ustabil rundt ønsket settpunkt. Vi valgte da å legge inn et filter på

lambdasonden. Dette filteret fungerer på den måten at det tar ut et gjennomsnitt av alle målingene de siste 20 sekunder. Dette, i samband med at rampetiden til frekvensomformereren var satt til fire sekunder, ga en liten treghet i systemet, men vi fikk en mye bedre regulering.

[12]

Etter litt søking etter diverse PID-innstillinger fra tidligere liknende systemer, bestemte vi oss for å prøve helt andre innstillinger. Vi satte  $K_P=5$ ,  $I=30$  og  $D=0$ . Dette kombinert med det nye filteret, gav oss en mye bedre regulering av forbrenningen. Trendingen, som vi har gått nærmere innpå i kapittel 6.4.5, viste oss at vi hadde en noe overdempet regulering, men vi valgte å gå for denne. Grunnen er at det var viktig for oss å ha en best mulig regulering på lambdasonden slik at vi fikk renest mulig forbrenning. Dette gikk litt mer ut over motoren til viften. Den må jobbe litt mer, men ikke så mye at det skal ha noe negativ effekt på den. Vi prøvde ut diverse PID-innstillinger og det som kom felles ut var at D-leddet måtte stå i 0 for å unngå en konstant endring av viftehastigheten. Med en gang D-leddet fikk en verdi, så begynte viften å pendle veldig hurtig opp og ned i frekvens [13].



Figur 12 Matematisk fremstilling av PID-regulator

#### 6.4.5 Programmeringen & HMI

I starten av februar fikk vi kontakt med Stig Heggheim hos Hellenes AS. Av han fikk vi tilgang til de programmene som vi trengte for å kunne lage vårt system, Codesys V2.3.9 og Galileo. Codesys er det programmet som vi bruker til å programmere PLS'en, og Galileo blir brukt til å designe HMI. Dette er program som vi ikke har benyttet oss av før, og måtte på grunn av dette få en liten innføring og tips i bruken av de.

I begynnelsen av mars hentet vi PLS'en som vi skulle bruke. Dette var en Eaton XV-102-D8-70TWR. Etter gjentatte mislykkede forsøk på å få kontakt med PLS'en, ba vi om veiledning av Olav Sande. Etter dette la vi inn konfigureringen av de forskjellige IO-kortene som vi skulle benytte oss av. Dette bestod av to PT100-element, én lambdasonde og to frekvensomformere på PROFIBUS. Dette skulle vise seg å bli mange forandringer på, når vi senere koplet opp systemet.

Videre tok vi i bruk et bibliotek fra [www.oscat.de](http://www.oscat.de), da dette biblioteket viste seg å være mer brukervennlig enn de standard medfølgende bibliotek.

Vi laget et program i strukturert tekst som inneholdt én PID-regulator for styringen av avtrekksviften, og én PID-regulator for styring av matingen av pellets. Samtidig fikk vi lagt inn alle de riktige adressene til inngangene og utgangene. Vi simulerte programmet så godt vi kunne opp mot PLS'en og PC'en, og alt virket. Deretter satte vi oss inn i Galileo og fikk designet en HMI som vi var fornøyd med og som etter mye prøving og feiling også fungerte fint.

I slutten av april fikk vi tilgang til mer utstyr. Dette innebar to PT100-element, én lambdasonde av typen Bosch LS-02 og en XI/ON-stasjon. XI/ON-stasjonen er der vi kopler til alle de forskjellige inngang- og utgangskortene. Det viste seg da at mye av programmeringen måtte gjøres om, da de forskjellige komponentene ikke fungerte slik vi først hadde antatt. Med god hjelp fra Hellenes AS, ordnet dette seg. Det viste seg å være masteren som var satt opp med feil baud-rate, så når denne ble endret fra 9,6k til 500k, fikk vi de signalene som vi ønsket. Dette var ikke tilfelle med tanke på lambdasonden. Etter mye undersøkelser bestemte vi oss for å bytte den til en Bosch LS-05, da denne hadde fire kabler: to til heater, én til signal og én til jord.

Når vi startet sammenkoplingen av alle komponentene, dukket det opp en del utfordringer. Avtrekksviften som skulle gå på en frekvensomformer via PROFIBUS var av en annen type enn det som Hellenes AS bruker til vanlig, og hadde ikke denne tilkoplingen. Motoren til mateskruen ville ikke ha godt av å kjøres på en frekvensomformer, så denne måtte styres på en annen måte. Lambdasonden ville heller ikke fungere slik vi hadde blitt forespeilet. Etter hjelp og veiledning fra Stig Heggheim og Kim Andre Osland, overkom vi også de utfordringene.

### *Programmet*

Det endelige programmet vårt er bygget opp av to funksjonsblokker: et skaleringsprogram og hovedprogrammet. HMI består av en startskjerm, en innstillingsskjerm og en trendingskjerm.

I hovedprogrammet PLC\_PRG, vedlegg: 9.2.1 Programkoding - PLC\_PRG (PRG-ST), startes først en funksjonsblokk ved navn Scaling(), vedlegg: 9.2.2 Programkoding - Scaling (PRG-ST). Her blir signalene som går inn og ut fra IO-kortene på PLS'en skalert riktig.

Scaling[1]: er skalering av signalene fra lambdasonden ved å bruke en LIN\_TRAFO. Dette er analoge signaler som vi skalerer fra 0-1000mV. Enkelt forklart vil det si at dersom lambdasonden gir oss et signal som er 32767, så vil denne skaleringen gi oss en verdi på 1000.

Lamda\_FT: Her har vi benyttet oss av deler av et lavpassfilter, vedlegg: 9.2.3 Programkoding - FT\_PT1 (FB-ST), for å få ut gjennomsnittsverdien fra lambdasonden de siste 20 sekundene.

LamdaInverted: Denne inverterer signalene fra lambdasonden.

Scaling[2]: Dette er en skalering av et PT1000-element. Analoge signaler inn og temperatur fra 0-1000°C ut.

Scaling[3]: Frekvensomformerer mottar analoge signaler fra PLS'en. Da må vi skalere 0-100% til analogt 0-32767. Deretter må vi sende det til frekvensomformerer som WORD, som er et 16-bits signal.

Videre i hovedprogrammet ligger PID-regulatoren. Denne bruker variabelen LambdaFiltered, som er gjennomsnittet siste 20 sekund fra lambdasonden. PID-regulatoren er satt opp slik at den står i manuell modus inntil en setter regulatoren over til *Auto*. Vi har og på grunn av utformingen av brennkammeret begrenset viftehastigheten til maks å kunne gå til 70%, av 60 Hz, LL=30.

Speed: Er en enkel metode for å snu PID-regulatoren. Dette må gjøres fordi at når lambdasonden går høyere enn settpunktet, må vi ha mer trekk i systemet, og omvendt ved lavere verdier. Linjene 30-36, i PLC\_PRG (PRG-ST), er begrensninger som måtte legges inn for at PID-regulatoren skulle fungere som ønsket, med tanke på automatisk og manuell kjøring av viften.

ScrewPWM: Dette er tidsstillingene for pulskjøring av mateskruen som vi sender til DynamicPWM for behandling, vedlegg: 9.2.4 Programkoding-DynamicPWM (FB-ST). Her har vi satt en periodetid på 15000ms og en minste kjøretid på 500ms. Det vil si at det går omtrent 15 sekunder mellom hver gang mateskruen kjører pellets inn til brennkammeret. Når vi stiller mateprosenten i HMI'en, så er periodetiden til skruen ca 15 sekunder, men pulsen for selve matingen kan ikke være mindre enn 0,5 sekunder, da det er denne vi endrer når vi justerer mateprosenten. Det mest ideelle med tanke på konstant forbrenning ville vært å hatt kontinuerlig mating, men dette var ikke mulig på vår modell.

DynamicPWM: Denne funksjonsblokken brukes til styring av mateskruen.

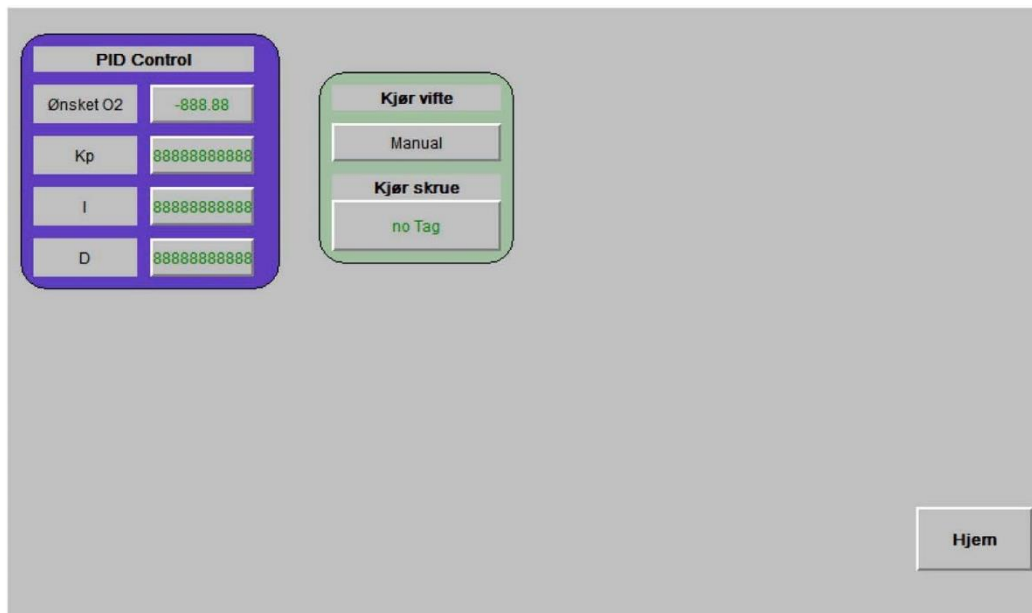
## HMI

Vi har som tidligere nevnt brukt programmet Galileo for å programmere og designe HMI-panelet på vår PLS. Programmet har gitt oss noen mindre utfordringer, som for eksempel importering av "tags" (symbol) fra Codesys og bruk av grafer. Under rettleidelse og med hjelp fra Stig Heggheim og Kim Andre Osland, har vi overkommet de utfordringene på en akseptabel måte. Skjermbildet vist under er startskjermen, eller *Hjem*, som vi har valgt å navngi den. På dette skjermbildet har vi tilgang til tre forskjellige masker (undersider). Masken *Mate Regulator* er ikke i bruk, vi refererer til forklaring i kapittel 6.4.5 Programmeringen.

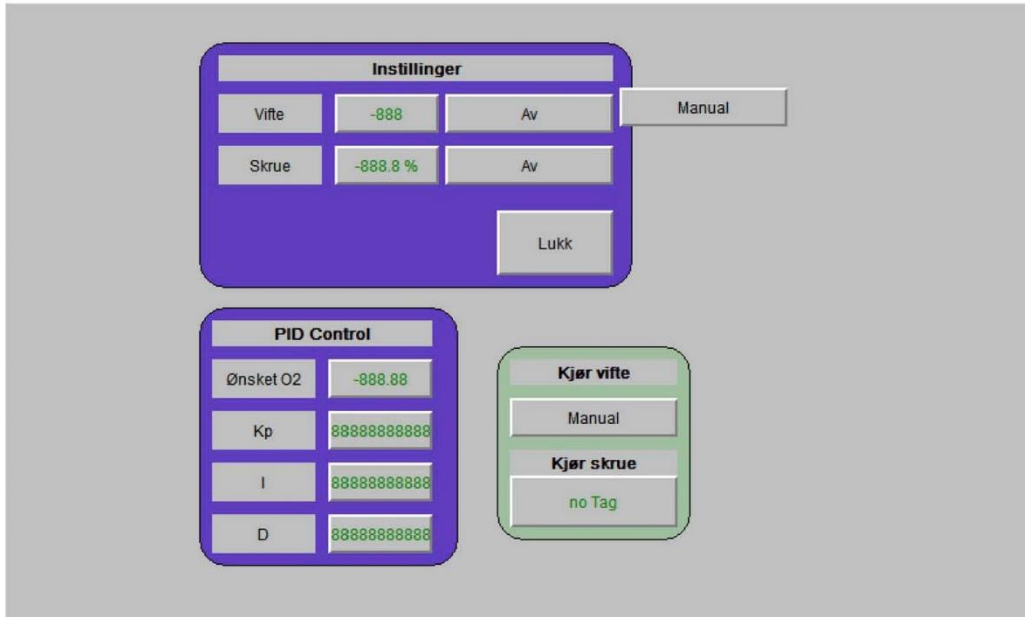


Figur 13 Hjem-skjerm bilde

Innstillingene til O<sub>2</sub>-regulatoren ser vi under. De er tilgjengelige fra masken *O2-Regulator* eller via *Instillinger* på *Trending*-masken. Her kan vi stille inn ønsket O<sub>2</sub>-verdi, som er settpunktet til lambdasonden. *Hjem*-knappen bringer oss tilbake til startskjermen.



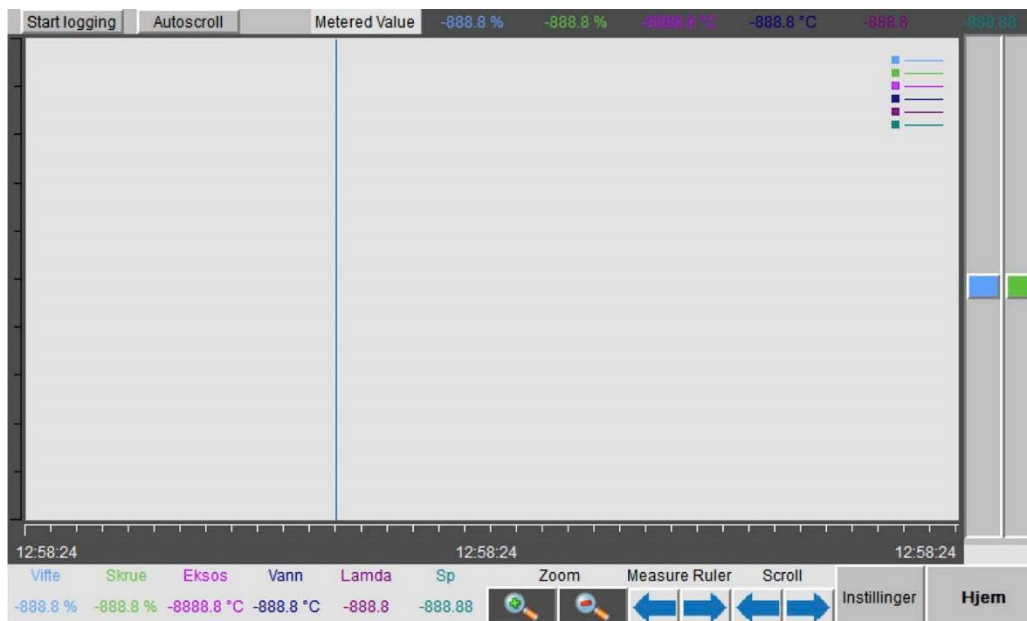
Figur 14 O2 Regulator-skjerm bilde



Figur 15 Innstillinger-skjerm bilde

Over ser vi den masken som omfatter innstillingene til PID-regulatoren, samt drift av vifte og skruer. Denne masken får en tilgang til ved å trykke på *Manuell kjøring* fra *Hjem*, eller *Innstillinger* fra *Trending*-masken, som er forklart lenger nede. Denne masken kommer opp som en overliggende maske, og forsvinner ved *Lukk*-knappen.





Figur 16 Trending-skjerm bilde

Et av målene våre var å lage en brukervennlig HMI.

For å kunne stille inn PID-regulatoren med de riktige parameterne, har vi fått hjelp til å utforme et trending-skjerm bilde. Dette skjerm bildet gir oss en god oversikt over alle verdiene vi er ute etter, for eksempel viftehastighet og skruehastighet oppgitt i prosent, eksostemperatur, vanntemperatur, verdien på lambdasonden og settpunktet til lambdasonden. Alle verdiene som vi her trender, blir vist på grafen på skjerm bildet samtidig med at det blir lagret i en logg på et minnekort som står i PLS'en. Loggene fra alle testkjøringene ligger vedlagt i prosjektmappen under mappen Logger fra PLS, som ligger under Kapittel 6- Testkjøring dagbok. Loggene ble dessverre lagret i et format (REAL) som gjorde at vi ikke fikk tilgang til dataene. Data var ønskelig for å matematisk kunne regne ut PID-innstillingene. Bildene over ligger også i prosjektmappen under Kapittel 8-HMI bilder.

## 6.5 Arbeid utført av andre

I forbindelse med vårt prosjekt gjennom Hellenes AS, fikk vi beskjed om at vi ikke skulle bygge eller installere selve prototypen. Vår oppgave var å utforme og programmere en PLS-styring som skulle regulere forbrenningen i en pelletsovn mest mulig optimalt, med tanke på

utslipp og varmeutnyttelse.

Vi satte i gang med å skaffe til veie opplysninger om alt vi trengte av sensortyper og andre komponenter.

Hellenes AS sin tekniske avdeling ble satt til å bygge anlegget som skulle brukes til å teste ut styringen vi lagde. De hadde en røykvasker med en innebygd varmeveksler som rommer rundt 3500 liter vann. I tillegg bygde de et brennkammer av et 200 liters oljefat hvor de monterte på innmatingsrør for pellets, samt eksospipe på toppen. Innvendig lagde de en rist og rikelig med underlufting.

Til slutt monterte de på en beholder med mateskrue i bunn, for tilførsel av pellets.

Elektrikeren Torbjørn Solaas fikk i oppgave å installere alle sensorer på henviste plasser og legge opp spenning og ellers alt elektrisk som skulle kobles. I tillegg til dette skulle han være tilgjengelig og bistå ved behov.

Kim Andre Osland og Stig Heggheim fra ingeniøravdelingen, har bistått med løsninger av programproblem, samt hjulpet oss med å skaffe tilveie de rette komponentene til PLS-styringen.

## 6.6 utfordringer og løsninger

Underveis i prosjektarbeidet har vi møtt på en del uforutsette utfordringer. Ingen av disse har vært av så stor grad at de har vært en trussel mot de kritiske suksessfaktorene.

Noe av de største utfordringene våre underveis var at vi fikk ikke begynt å testkjøre når vi hadde planlagt. Det var også uvisst om PLS-programmet ville fungere i praksis.

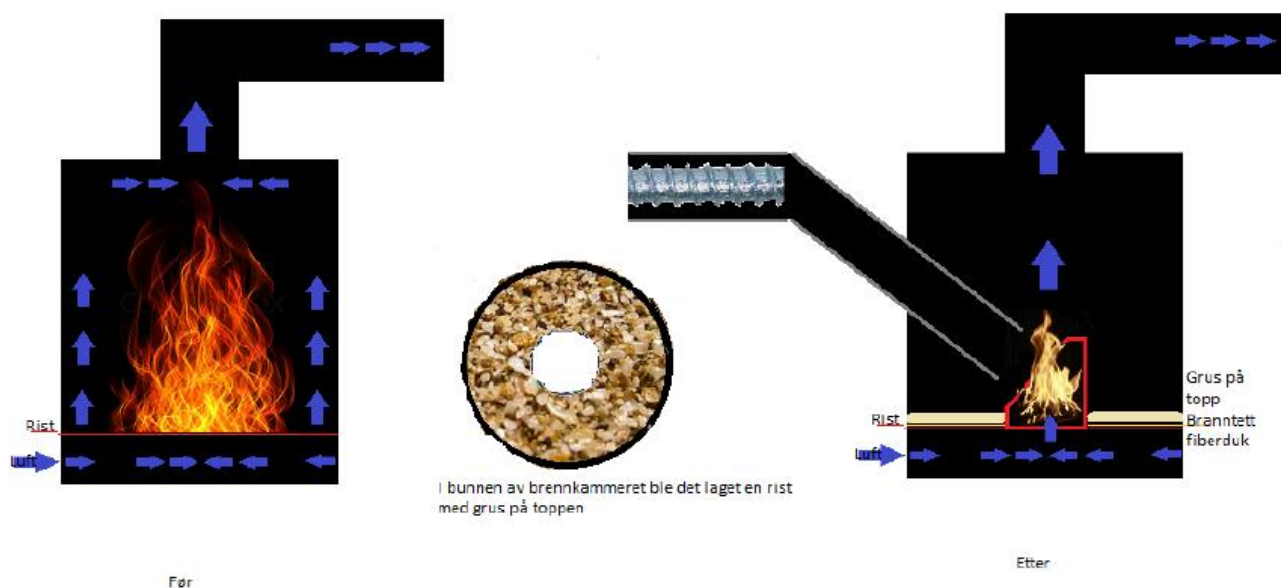
### *Lambda bytte:*

Etter å ha konferert med Hellenes AS fredag 2. mai, besluttet vi å få byttet lambdasonden. Dette valgte vi å gjøre da LS-02 kun har tre ledninger og må jordes i godset. Vi anskaffet en LS-05 som har fire kabler: to til heater 12V spenning og to til signaler, der den ene er jord. Vi var blitt forespeilet at vi skulle måle signalene fra lambdasonen som 4-20mA, men dette viste seg å være feil. Vi skulle måle spenning i området 0,2-0,9V. Dette medførte at vi måtte

bytte ut et kort i PLS'en fra XN-2AI-I(0,4-20mA) til XN-4-AI-U/I. Det nye kortet har en oppløsning på 0-10V og vi håper dette er stort nok til test, men ved større anlegg må kortet trolig byttes.

Vi måtte og bygge om brennkammeret. Tidligere var brennkammeret hele ovnen, eller i vårt tilfelle oljefatet. Som illustrasjonen under viser, fikk vi en stor og ukontrollert flamme, og dårlig forbrenning. Det ble besluttet å legge en brannrett fiberduk oppå risten inni brennkammeret, for så å legge et 15 cm tykt lag med sand oppå fiberduken igjen. Selve brenndelen i brennkammeret ble ved hjelp av skillevegger sentrert i kammeret og innmatingsrøret for pellets ble tilpasset endringen. Dette gav en mer konsentrert flamme og forbrenningen ble mye bedre, nærmest total.

I samband med ombyggingen, flyttet vi og lambdasonden nærmere brennkammeret for å oppnå et mer gunstig arbeidsområde for lambdasonden.



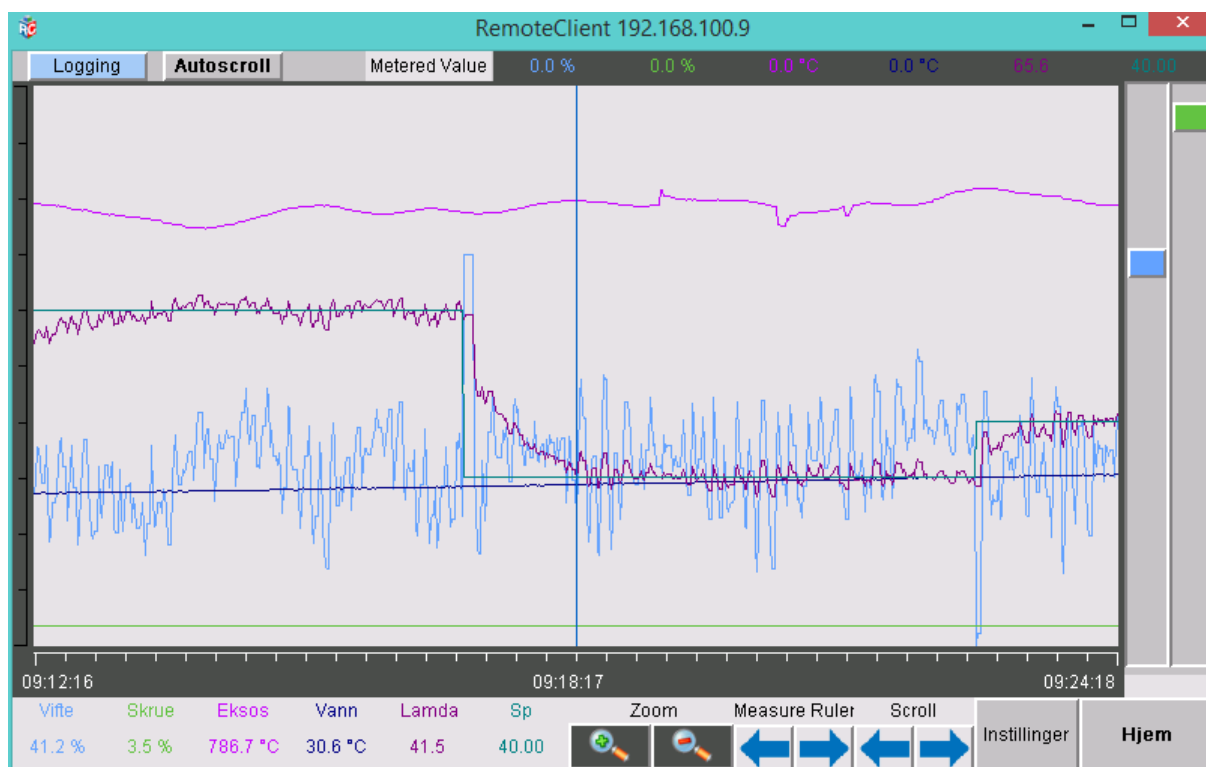
Figur 17 Illustrasjon av ombyggingen

### 6.6.1 Testkjøring

Vi kom litt senere i gang med testkjøringen enn vi håpet på, og vi var noe stresset da vi fikk begynne å testkjøre. Da Hellenes AS stilte både elektrikere, mekanikere og ingeniører

disponible, og i tillegg bygget hele testanlegget for oss, gikk testkjøringen mye bedre enn vi først håpet på. Vi disponerte en del av industrihallen hans og hadde utstyr og personell tilgjengelig. Dette var mer støtte enn antatt og vi hentet fort inn igjen den tiden vi hadde mistet ved å vente på testkjøringen. Allerede etter 6. dag med testing gikk forbrenningsprosessen 100% automatisk. Dette er vi veldig fornøyd med, og det gav oss tid til å finpusse på programmet og stille sensorer slik at reguleringen ble ytterligere optimal. På dag 7 av testkjøringen fikk vi en trend av reguleringen som vi ser under på figur 18. Dette er vi meget fornøyd med.

Vi har lagt en utfyllende dagbok fra testkjøringen i kapittel 6-testkjøring i prosjektmappen. Der er lagt et album i kapittel 7-bilder fra testkjøring i prosjektmappen.



Figur 18 Skjermbilde av reguleringstrenden fra testkjøring dag 7

Som vi ser av figur 18 står mateskruen på bare 3,5%. Dette er det minste vårt program kan klare å levere på grunn av pulstiden på minimum 500ms. Likevel får vi ut nesten 800°C. Det vil si at vi har et anlegg som kan levere nok varme selv om dette bare er en prototype.

## 6.7 Miljø

### *Biomasse som energikilde*

Bioenergi er et samlebegrep for utnyttelse av biomasse til energiformål.

Biomasse er organisk materiale. I første rekke er biomasse plantemateriale fra skog og landbruk, men det omfatter også alle grønne planter til havs. Avfallsprodukter som er laget av biomasse, som for eksempel trematerialer, papp og papir, kan også betegnes som bioenergi når de gjenvinnes og omdannes til energi i forbrenningsanlegg.

Det vanligste bruksområdet for bioenergi er produksjon av varme. Det er også mulig å produsere elektrisk kraft, flytende biodrivstoff, biogass og hydrogen fra biomasse.

Bioenergi er den eldste kjente energikilden. Den er av mennesker blitt brukt til varme og matlaging i alle tider og er fortsatt den viktigste energikilden for rundt 60% av verdens befolkning. Det er et ønske om at i fremtiden skal 25% av verdens energibehov bli dekket av biobrensel.



*Figur 19 Friske blader fra et tre*

Bruk av biomasse til energiformål er CO<sub>2</sub>-nøytralt på den måten at CO<sub>2</sub> som frigjøres ved forbrenning av en plante, tilsvarer den CO<sub>2</sub>-mengden planten har hentet fra omgivelsene og bundet til seg i vekstfasen. Dette forutsetter at høsting av biomasse fra planter i et område ikke er mer enn tilveksten i det samme området. På denne måten blir nytt CO<sub>2</sub> bundet opp i nye planter på svært kort tid. I motsetning til fossilt brensel vil brenning av biobrensel ikke tilføre mer CO<sub>2</sub> til atmosfæren.

Biobrensel kan for eksempel være trær i form av ved, spon og pellets og planter i form av rapsolje og torv. I tillegg har vi biobrensel som bioolje og bioetanol. Levende organismer er altså kilden til fornybar energi i form av biobrensel og blir gjerne fremstilt som et miljøvennlig alternativ til kull, olje og gass. Der fossilt brensel over millioner av år har bundet opp det opprinnelige biologiske materialet, er biobrensel hentet fra biologisk produksjon hvor prosessen fremdeles pågår [1].



*Figur 20 Pellets*

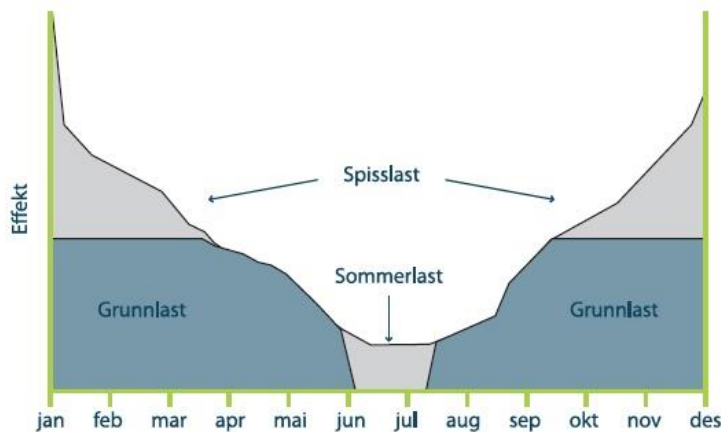
#### 6.7.1 Bioenergi-teknologi

Myndighetene arbeider for å tilrettelegge og fremme bruken av fornybar energi i Norge, herunder bioenergi, der oppvarming er det vanligste bruksområdet. Varmeproduksjon kan foregå i en lokal varmesentral og forsyne et enkelt bygg eller mindre områder, eller som fjernvarmenett til områder med blokkbebyggelse og industriområder.

Det årlige energi- og effektbehovet avgjør hva slags brensel og forbrenningsteknologi som er best egnet. Et komplett forbrenningsanlegg består av et brenselslager, utstyr for brenselshåndtering og -innmating, ovn/kjel og et reguleringsystem. Akkumulatortank for lagring av varme, og anlegg over 100kW kan i tillegg ha utstyr for røykgassrensning og askehåndtering.

#### *Dimensjonering av varmesentraler*

Effektbehovet i en varmesentral varierer med årstiden. I sommerhalvåret kan behovet ligge på 10-15% av det maksimale effektbehovet. Riktig dimensjonering av kjelene i en varmesentral er viktig for totaløkonomien. Riktig håndtering av brenselmottak, askehåndtering og røykgassrensning er også viktig for å holde driftskostnadene lave. Det er gunstig å dimensjonere biobrenselanlegget for en maksimal effekt som tilsvarer 30-50% av det totale årlige effektbehovet. Målet er å dekke 80-85% av energibehovet som bioenergi.



Figur 21 Grunnlast, spisslast og sommerlast.

En bioenergikjel med større effekt er ikke særlig mer kostbar enn en tilpasset kjel, men en kan miste muligheten til å kjøre anlegget ved lav last da kjelen normalt ikke kan reguleres ned til mindre enn 20-30 % av maksimal kapasitet. Lavere last kan føre til at forbrenningen blir ufullstendig, og kan få konsekvenser i form av økte utslipp, økt slitasje på ovnen og økt behov for vedlikehold. Derfor fungerer bioenergikjelen best som grunnlastenhet, det vil si at den leverer den billigste varmen og må brukes mest mulig. Kjelen dekker uansett ikke hele effektbehovet. Derfor er det nødvendig med for eksempel olje- eller gasskjeler, også kalt spisslastkjeler.

#### *Mer om dimensjonering av bioenergianlegg*

Valg av kjeltype avhenger av størrelse, brensel og forventet variasjon i brenselkvalitet.

Størrelsen på kjelen er med på å påvirke valget av kjeletype. Figur 22 gir et overordnet bilde av dette.

0,2 - 0,5 MW	Undermaterstoker for tørr flis eller pellets. Pelletsbrenner for innmontering i oljekjel.
0,5 - 1,0 MW	Undermaterstoker for flis, pellets eller briketter. Pelletsbrenner for innmontering i oljekjel. Ovn med fast eller bevegelig rist for flis, pellets eller briketter.
1,0 - 2,0 MW	Ovn med bevegelig rist for flis, bark eller briketter. Undermaterstoker for flis, bark eller briketter.
2,0 - 5,0 MW	Ovn med bevegelig rist for flis eller bark.
> 5 MW	Bevegelig rist, ovner med forbrenning i to trinn der det første er forgassing, og ovner med fluidisert bed. De sistnevnte drøftes nærmere i avsnittet om elproduksjon.

Figur 22 Vanlige kjeltyper for ulike effektbehov



God overvåking av luftstrømmen er en av de viktigste faktorene for å oppnå optimale forbrenningsforhold, lave utslipp og god økonomi.

Lufttilførselen kan deles inn i to grupper:

- Tilførsel av luften i soner ved fast brenselsfyring på rist.
- Styring av fordelingen mellom primær-, sekundær- og eventuelt tertiærluft.

### *Brenselager og transportsystem*

De mest sårbare enhetene i en bioenergisentral er brensellageret og transportsystemet. Som oftest er brenseltransport eller innmating skyld i feil i systemet. Derfor er det avgjørende ved utforming av lageret at en tar hensyn til brenselstype og temperatur som lageret skal ha, samt de økonomiske aspektene.

### *Mer om brenselager*

Forbrenningsanlegg under 200kW, blir kontrollert ved regulering av selve forbrenningsprosessen. For anlegg større enn dette, bør en ha en form for filtrering som for eksempel en røykvasker for å rense røykgassen for flyveaske.

### *De vanlige typene av rensutstyr for røykgasser er:*

- **Syklon.** Her blir avgassene rotert. Sentrifugalkraften sender de største partiklene ut mot syklonveggen der de ved hjelp av tyngdekraften faller til bunnen og kan hentes ut. Ved strengere krav til utslipp (ca. 150 mg partikler per Nm<sup>3</sup>) vil ikke en syklon alene være godt nok til å oppnå ønsket resultat og derfor vil ytterligere rensing av røykgassen være påkrevd.
- **Posefilter** er en tekstilpose som røykgassen går gjennom. Partikler vil da samle seg på filteret og blir rengjort med luft.
- **Elektrofilter** blir benyttet ved større anlegg. Filteret er oppbygd av jordede oppsamlingselektroder og en trådformet elektrode, påtrykt en likespenning, plassert mellom platene. Partiklene i røykgassen lades elektrisk og vil da feste seg på oppsamlingselektroden. De oppsamlede partiklene fjernes ved at elektrodene vibreres med jevne mellomrom.
- **Skrubber** er et vasketårn hvor vann spyles inn i røykgassen og tar med seg partiklene. Partiklene blir skylt ut i et oppsamlingsbad i bunnen og fjernes.



Hvis en kan holde returtemperaturen i varmesystemet lavt nok, kan en kondensere røykgassen. Dette vil gi et godt effektuttak i anlegget, samtidig som røykgassen blir rensset. En effektiv temperatur vil normalt ligge 10-20°C høyere enn hva temperaturen på returvannet er. Returtemperaturen bør være under 50 °C, samtidig som brenselets fuktighet bør ligge rundt 50-60% for å oppnå god effekt i kondenseringen.

Asken er et restprodukt som følge av forbrenningsprosessen. Den består i hovedsak av utbrent materiale og kan deles opp i to typer:

- **Bunnaske** som fjernes fra selve kjelen.
- **Flyveaske** som fjernes fra oppsamlingsbadet.

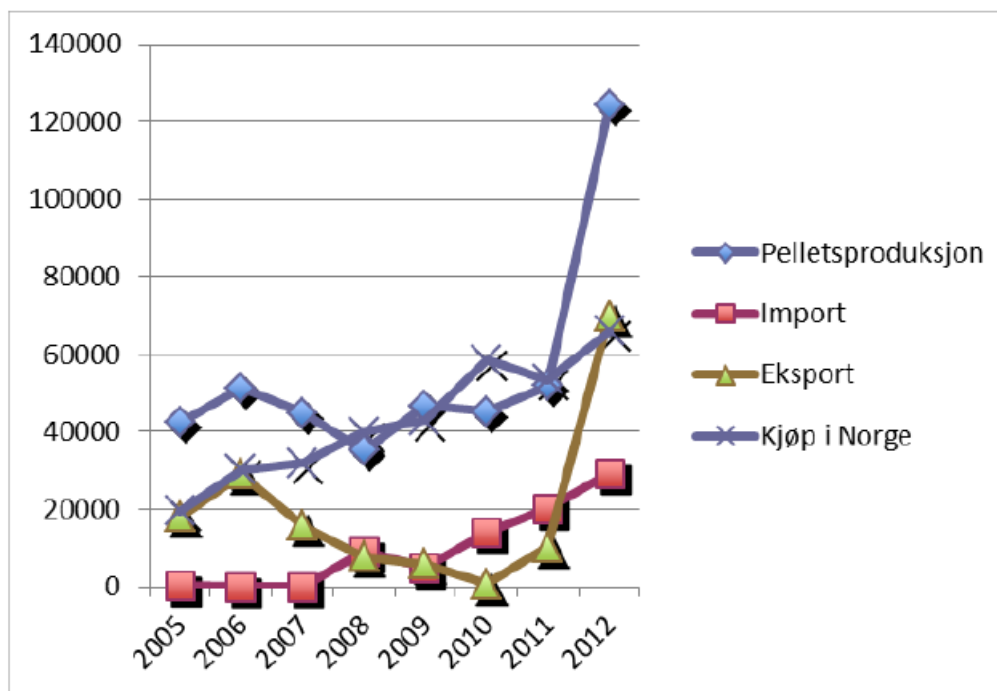
Hvor ren asken er eller hva den består av bestemmes av hvilket materiale en har benyttet og hvordan forbrenningen har vært. Om forbrenningen har vært ufullstendig, kan asken inneholde uforbrent karbon [14].

#### 6.7.2 Økonomi i biobrensel

Teknologi for produksjon av biovarme er såkalt teknisk moden. Det finnes en rekke kvalifiserte utstysleverandører og entreprenører som tilbyr ferdigvarme. Det skjer likevel en kontinuerlig utvikling for å øke driftssikkerhet og redusere kostnader.

Fyring med fast brensel krever mer innsats driftsmessig enn fyring med fossilt brennstoff eller elektrisitet. Erfaring viser at god drift av bioenergianlegg er like viktig for økonomien som investeringskostnader. For å ha en positiv utvikling i økonomien i bioenergiproduksjon er det også viktig å stadig utvikle forbrenningsteknologien.

Kostnaden for brensel hos sluttbruker er en av de viktigste faktorene som påvirker konkurransekraften til bioenergi. Det er et stort forbedringspotensial i effektivisering av logistikkjeden for biobrensel fra høsting til sluttbruker.



Figur 23 Viser produksjon og salg av pellets i Norge fra 2005 til 2012

Det viser seg at flere store pelletsproduksjonsfabrikker har måttet legge ned de siste årene, blant andre BioWood Norway AS på Averøy i Møre og Romsdal, som var Europas største pelletsfabrikk. Etter 2012 vil derfor tabellen se annerledes ut.

Regjeringen har lagt til støtte til pelletsproduksjon og fornybar energi i statsbudsjettet sitt for 2014, så man kan anta at kurvene igjen vil øke på tabellen. [15]

*(Brutto produksjon av fornybar elektrisitet + biobrensel i transport + fornybar varmeproduksjon)/(Brutto sluttforbruk av energi)*

### 6.7.3 Miljøkonsekvenser ved bruk av bioenergi

Bioenergi er miljømessig mer komplisert enn andre fornybare energikilder. De mest omfattende og alvorlige miljøvirkningene skjer ved uttak av ressursene. Det er risiko for at store arealer blir ødelagt av overproduksjon (overhøsting). Det trengs en bærekraftig produksjon av biobrensel, men den er avhengig av en forsvarlig forvaltning av naturressursene. Regnskogene i Brasil og Malaysia er gode eksempler på at det har blitt drevet rovdrift på naturressursene. Det er en utfordring å sikre at eksport fra slike land ikke fører til rovdrift og kommer i konflikt med matproduksjon eller naturverninteresser. Utnyttelse av arbeidere i land med svakt vern av arbeidsvilkår er også alvorlig.

Fordelen med bioenergi er at den er nøytral med tanke på klimagasser. Planten har allerede tatt opp CO<sub>2</sub> og det slippes ikke mer ut i atmosfæren ved forbrenning. Plantene tar opp karbon fra jorden, men det er mangelfull forskning på dette området på hvordan dette affiserer økosystemet.

Å få på plass internasjonale regelverk er viktig når biobrenselhandel begynner få et større globalt omfang. Et system som kan dokumentere opprinnelsen og miljøforholdene til en ressurs er viktig. På arealer som ikke egner seg for matproduksjon er det viktig å få dyrket et større artsmangfold. Det gjøres forsøk i tropiske strøk på dette området med ulike gresstyper og Jatropha-busken. Blir dette en suksess kan det øke inntekter til lokalsamfunn og utviklingsland, samt gi et mer bærekraftig landbruk.

Det meste av bioenergien som produseres i dag er restprodukter som har lav alternativ verdi. Dette gir lite miljøpåvirkning ved produksjon ettersom biomasseressursen uansett blir utnyttet. Om bioenergi skal ta over for fossilt brennstoff i stor skala (25% målet som nevnt tidligere), vil imidlertid andelen som kommer fra restprodukter minke. Eksempelvis må Brasil øke sin produksjon av sukkerrør med 40 ganger om kun 10 % av verdens bensinforbruk skal erstattes med bioetanol fra sukkerrør. Man må derfor forbedre kunnskapsgrunnlaget når det gjelder de samlede konsekvensene av en storskala utnyttelse av bioenergi.



Figur 24 Foto: H.-G. Oed

Når det forbrennes biomasse får vi som regel uønsket utslipp til luft. Først og fremst uforbrente gasser og partikler (CO, PAH, TOC), NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, støv, tungmetaller og dioksiner. Vi får mindre utslipp av nitrogendioksid og svovel ved forbrenning av biomasse enn ved forbrenning av fossile brensel. Likevel trenger større anlegg rensing av avgass og eksos for å unngå miljøskadelige utslipp til luft. De fleste rensesprosesser er laget slik at det ikke oppstår utslipp til vann. Det er mulig å redusere utslippene til akseptable nivå, men vi trenger da moderne forbrenningsteknologi og metoder med gode renseløsninger.

Utslipp unngås ved å sørge for at brenselet har tilstrekkelig oppholdstid i forbrenningsovnen og får totalt forbrenning. Dette skjer ved 800-850°C. For å sikre en jevn temperatur er det krav til ovnskonstruksjon, driftsrutiner, innmatingshastighet, oppholdstid i brennkammeret og lufttilførsel. Moderne ovner møter stort sett kravene. Utfordringen er kvaliteten på råvarene. Brenselkvaliteten varierer mye med tanke på fuktinnhold, finstoff og brennverdi.

Utslippene fra en privat vedovn avhenger i stor grad av kunnskapene til brukeren. Små, moderne pelletsovner og -kjeler gir lavere utslipp enn tradisjonelle ildsteder.

Utslipp av partikler og støv består for det meste av bunnaske, flyveaske og karbon i uforbrent flyveaske. Vi kan fjerne dette ved hjelp av ulike rensemetoder, som tidligere nevnt.

Bunnasken kan deponeres og brukes til fyllmasse. Flyveasken er mer problematisk fordi den inneholder tungmetaller og må derfor spesialdeponeres eller inngå som tilsetning i sementproduksjon. Tungmetallene blir varig bundet i sementen og således uskadeliggjort.

Bioenergiteknologi gir også en positiv løsning av miljøproblemer i forbindelse med avfallsforbrenning, gassifisering av farlig avfall og produksjon av biogass fra våtorganisk avfall. Noen mener dog at CO<sub>2</sub>-utslippene dette gir er grunn til bekymring [16].

## 6.8 Økonomisk gevinst

Produksjonen av biobrensel har ikke tatt like mye av som først antatt da det kom på markedet. Vi har ikke fått gjort utregninger på hva slags økonomisk gevinst Hellenes AS vil få av å bygge et automatisert biobrenselanlegg, da vi ikke har fått noe innsikt i hvilke behov og forbruk bedriften har i de nye fabrikklokalene.

Hellenes AS kan søke Enova om økonomiske midler til å bygge og drifte et biobrenselanlegg, noe som vil gi en direkte økonomisk besparelse. Bedriften har planer om å produsere sitt eget brensel og vil spare på å varme opp lokalene sine på denne måten gjennom reduserte strømgifter.

Når det gjelder miljøøkonomiske gevinster er det mye debattert i ulike fora hva som er bra og mindre bra. Vi har valgt å ikke gå dypere inn i denne debatten da hovedmålet med prosjektet består i å utvikle et velfungerende anlegg.

## 6.9 Måloppnåelse

Vi fikk i oppgave av Hellenes AS å utvikle en PLS-styring til en pelletsovn. Den skulle regulere forbrenningen på en mest mulig effektiv måte med tanke på effektuttak og optimal forbrenning.

Vi har programmert en PLS og laget et system som ved hjelp av temperaturfølere (PT og K-element) og en lambdasonde styrer en avtrekksvifte som planlagt.

Ett av delmålene våre var i utgangspunktet å få utarbeidet en alarmliste som ville varsle om unormale hendelser i anlegget under drift. Automatisk justering på mating av pellets etter effektbehov var og ønskelig. Dette ble ikke gjennomført da tiden ble knapp grunnet et stort tidsforbruk på forskning på lambdasonden sin virkemåte.

Å få automatisert innmatingen og legge til alarmlisten er omfattende programmering, i tillegg til behov for ytterligere sensorer i anlegget. Dette lar seg ikke gjøre i vårt testanlegg.

Avtrekksviften er for kraftig dimensjonert i forhold til forbrenningskammeret. Dette vil føre til at ved økt mating av pellets, vil pelletsen og sanden bli sugd ut av brennkammeret og inn i avtrekksystemet, og i ytterste konsekvens tette røykvaskeren og slukke ovnen.

Delmålet som omhandler økonomi ble naturlig begrenset av mangel på informasjon om Hellenes AS sine energibehov i de nye lokalene. I tillegg ble det for tidkrevende å gå dypere inn på de miljøøkonomiske aspektene ved biobrensel.

Vi anser derfor totalt sett målet som nådd. Hovedmålet med prosjektet er nådd med tanke på hva Hellenes AS ønsket og vi er svært fornøyd med resultatet.

## 6.10 Konklusjon

Vi har i dette prosjektet gjennomført vårt hovedmål med prosjektet. Som var å lage en PLS-styring som ville gi oss en optimal forbrenning i et pelletsanlegg. Vi fikk noen utfordringer med lambdasonden, som ikke fungerte helt som vi var forespeilet. I tillegg var brennkammeret feilkonstruert. Etter at vi hadde fått utbedret anleggets brennkammer og flyttet sonden til en mer riktig posisjon, fikk vi gode signal fra sonden som vi kunne bygge videre på. Etter dette hadde vi utviklet en velfungerende regulator, men siden anleggets komponenter ikke var skikkelig dimensjonert i forhold til hverandre, oppnådde vi ikke et av delmålene som var å automatisere innmatingen. Selv om vi ikke fikk gjennomført alle delmålene våre, så vil vi likevel si at hovedmålet med prosjektet er nådd og vi er meget fornøyd med resultatet. Vi skulle gjerne satt oss mer inn i det miljømessige aspektet rundt



dette prosjektet og det hadde vi gjort hadde vi hatt bedre tid.

## 7. Prosjektadministrasjon

### 7.1 Organisering

Prosjektgruppen besto av tre avangsstudenter ved HISF-AIN våren-14.

Trond Buanes har vært gruppens prosjektleder og har hatt ansvaret for at arbeidsoppgavene ble fordelt mellom medlemmene. Han har også vært ansvarlig for å kalle inn til møter og passe på at vi har fulgt fremdriftsplanen.

Frode Brandal har hatt ansvaret for programmering av PLS, HMI og brukermanual.

Anne Grethe Andersen har hatt ansvaret for å skrive møtereferat, og hovedansvaret for all rapportskrivning, samt lage presentasjonene og symboltegninger.

Vi har alle passet på å oppdatere nettsiden til prosjektet.

Styringsgruppen hadde det overordnede ansvaret og var det organet som tok de viktigste avgjørelsene i prosjektet, som for eksempel godkjenninger og veiledning for å holde prosjektgruppen innenfor rammene til prosjektet.

### 7.2 Gjennomføring i forhold til plan

Den første perioden i prosjektet planla vi hele prosessen som resulterte i en forprosjektrapport. En viktig del i dette arbeidet var beskrivelsen av selve prosjektet, med stort fokus på innhold. Vi fikk godkjent forprosjektrapporten og begynte deretter med selve prosjektarbeidet. I forhold til fremdriftsplanen (Gant) som vi utarbeidet i begynnelsen av prosjektperioden, ble en del forandret etter hvert. Hovedgrunnen til dette var at byggingen av prototypen ble utsatt nok til at vi fikk litt tidspress på oss på slutten. Dette resulterte i at vi måtte forskyve enkelte tidsfrister slik at det planlagte tidsrommet til testkjøring ble fylt ut. Tidsforbruket vi hadde estimert til HMI- og PLS-program ble forlenget en god del. Vi ser på dette som uheldig, men siden det var to av de største og mest utfordrende oppgavene i

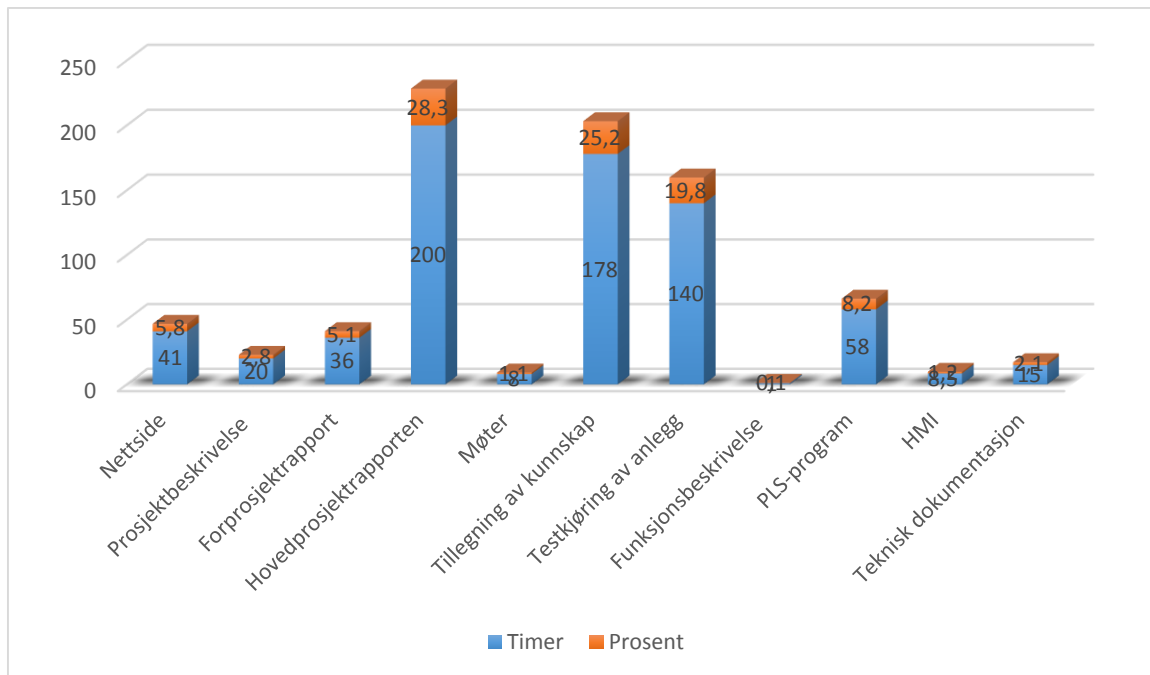
prosjektet, var det derfor krevende å estimere tidsforbruket i startfasen. Utenom dette har vi i det store og hele fått gjennomført alt vi hadde planlagt og til den fristen vi hadde satt. Arbeidet med touch-panelet og selve PLS-programmet ble dratt ut litt. I tillegg fikk vi hele testkjøringen i den perioden vi skulle bruke på sluttrapporten. Det ga midlertidig ikke en større utfordring enn at vi måtte dele oss opp og fordele arbeidsoppgavene litt mer enn ønsket. Siden testkjøringen gikk bedre enn forventet hentet vi derimot inn igjen litt tid de siste ukene før rapporten skulle leveres.

### 7.3 Økonomi og ressurser

Det har ikke vært noen utgifter gjennom prosjektet. Etter avtale med Hellenes AS skulle bedriften dekke alle kostander ved prosjektet. Det utstyret vi ikke har hatt tilgjengelig på skolen har Hellenes AS lånt oss. Programvare og utvikling av HMI-system har vi fått tilgang til av Hellenes AS. TOOLS AS har sponset oss med to spesialmuttere i samband med flyttingen av lambdasonden.

I prosjektarbeidet har vi nedlagt ca. 235 timer hver. Vi har satt opp en timeplan der vi jobbet tre dager i uken da Anne Grethe var opptatt i praksis to dager i uken. Vi har jobbet jevnt og målorientert og vi mener det er et solid produkt vi leverer.





Figur 25 Timefordeling med prosent

#### 7.4 Generell prosjektevaluering

Prosjektet har gitt oss økt erfaring i automatiseringsteknikk og prosjektarbeid. Vi har fått bruke det vi har lært i utdannelsen og vår evne til å samarbeide. Prosjektet mener vi har vært svært relevant for utdanningen og gitt oss kunnskaper som vil være nyttig i senere karriere.

Ved å jobbe i en prosjektgruppe kan en møte på ulike utfordringer. Vi planla å ha møte i prosjektgruppen to ganger per uke. Det viste seg å bli noe krevende å gjennomføre og behovet var heller ikke der. Likevel klarte vi å ha møter én gang per uke og ellers når vi følte behovet var der. Dette er vi veldig fornøyd med. Når det gjaldt styringsgruppen var det utfordrende å få til møter som passet alle, så det ble derfor utført møter når behovet meldte seg.

Vi føler vi sitter igjen med et produkt vi er godt fornøyd med.

#### 7.5 Arbeidsmetoder

Dette studentprosjektet var en del av et kommersielt prosjekt som skulle gjennomføres. Vi hadde et tett samarbeid med Hellenes AS gjennom e-post og møter. Vi jobbet selvstendig med oppgavene, men Hellenes AS la føringer for hvordan de skulle løses.

Gruppen har delt arbeidsoppgavene mellom seg, der hver enkelt har hatt ansvaret for at disse blir gjennomført. Gruppen har også benyttet seg av eksterne kilder for å kunne løse noen av utfordringene underveis.

## 7.6 Møte

Vi satte opp møte i styringsgruppa annenhver onsdag. Siden oppdragsgiver Agnar Hellenes hadde mye å gjøre ble planen rettledd og vi begynte å holde møtene uten han.

Hver mandag og fredag var det satt opp møte i prosjektgruppen. Vi brukte stort sett Skype til disse møtene siden vi bor geografisk litt spredt. Vi utnyttet møtene godt: Vi diskuterte fremgang og utfordringer, og vi ga hverandre ris og ros.

Prosjektleder kallet inn til møtene og Anne Grethe hadde ansvaret for å skrive møtereferat.

Møtereferat er vedlagt i kapittel 5 i prosjektmappen.

## 7.7 Dokumentstyring

Vi har valgt Dropbox som plattform for dokumentstyring og -behandling. Dropbox er et eksternt filarkiv som gjør at samtlige medlemmer i en gruppe kan ha full tilgang til synkroniserte dokumenter. Vi kan legge til det vi ønsker av bilder, linker til nettsider og andre dokumenter. Dropbox fungerer dermed som en lukket felles server for gruppen, noe som gjør det lettere å holde individuell kontinuitet i arbeidet. For at dette skal virke tilfredsstillende må alle som skal være involvert i prosessen ha Dropbox installert på sin maskin.

### *Typisk situasjon (info hentet fra internett)*

Når du lagrer filer på din egen datamaskin, legger du de i mapper, men andre har ikke tilgang til de. Da må gjerne filer og dokumenter sendes over mail for å kunne nå andre i gruppen.

Denne situasjonen unngår du med Dropbox.

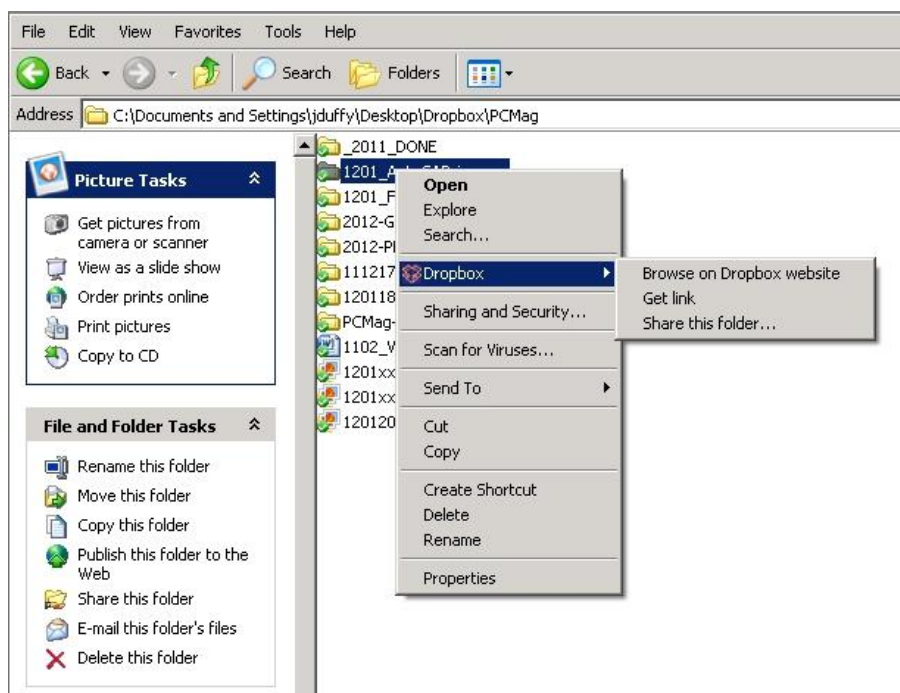
### *Egenskapene til Dropbox:*

Når du installerer Dropbox på PC'en får du en egen mappe som har noen spesielle egenskaper:

En kan dele mappen ved å invitere andre brukere via epost. Alle filer som legges i en delt mappe, vil gruppen ha tilgang til. Nye mapper kan opprettes og deles etter behov.

En har full oversikt over egne mapper og kan også fjerne tilgang for andre om ønskelig.

En har tilgang til filene fra en hvilken som helst datamaskin med tilkobling til internett [17].



Figur 26 Kort visning av Dropbox

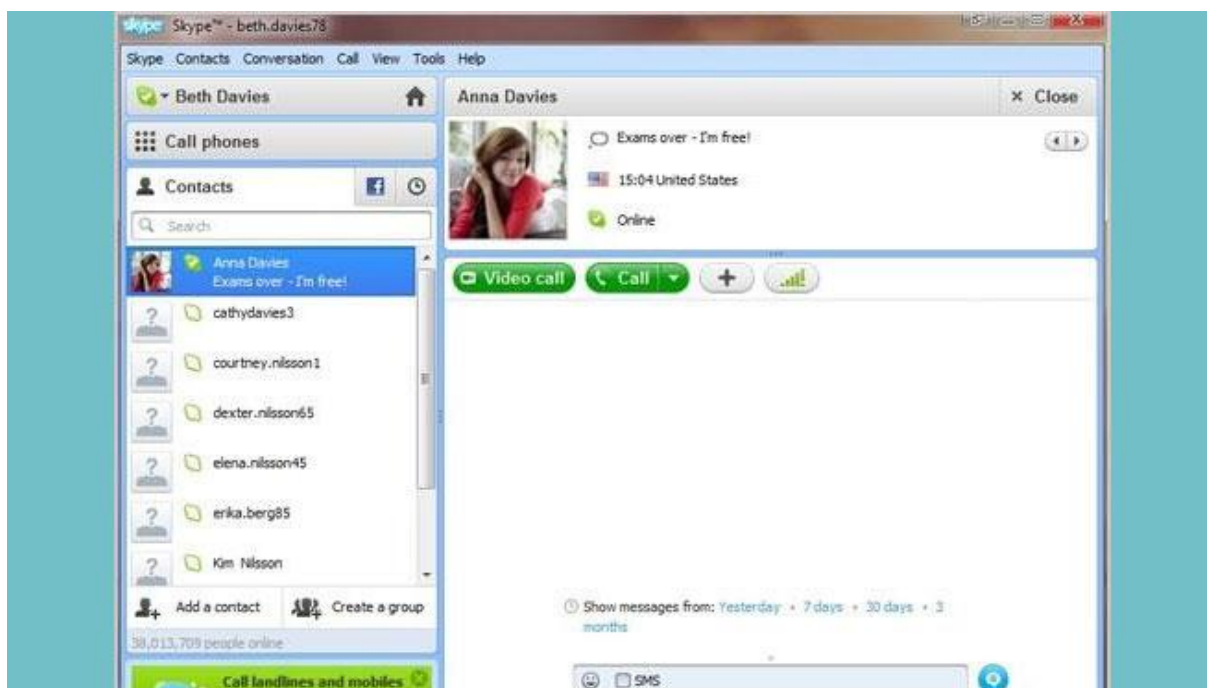
### 7.7.3 Skype

På grunn av store geografiske avstander oss i gruppen imellom, valgte vi å jobbe mye hver for oss hjemmefra og bruke Skype som kommunikasjonsmiddel. Da kunne vi enkelt ha videosamtaler. Dette gjorde vi fast to ganger per uke, mandag og fredag, og ellers ved behov. Med Skype kan alle tre i gruppen snakke sammen samtidig.

*Hva er Skype:*

Skype er et program som gir brukere mulighet til å gjennomføre gratis lyd- og bildesending, samt deling av skjermbilde, over internett. Det er Microsoft sitt konferanseprogram for privatbruk. Man kan også dele dokumenter og bilder, men ikke like effektivt som i Dropbox.

Skype kan brukes til videosamtaler, konferansesamtaler, deling av skrivebord og dokumenter, og andre tjenester som handler om kommunikasjon mellom mennesker over internett. [18]



Figur 27 Illustrasjonsfoto av Skype

## 7.8 Nettside

Prosjektet har en egen nettside. Vi brukte WordPress som plattform til dette siden det var det som ble anbefalt fra skolen sin side.

Tanken bak nettsiden er å presentere oss selv og prosjektet vårt. Her ligger bilder, nyheter og dokumenter fra prosjektarbeidet, samt hovedprosjektrapporten. Nettsiden skulle være en plass bedriften, rettlederne og andre kunne følge utviklingen av prosjektet.

Link til vår nettside: <http://studprosjekt.hisf.no/~14abba/>

Vi ble tildelt en nettside til en server som inneholdt Wordpress, en plattform hvor man kan bygge websider. Ingen av oss hadde erfaring med dette. Vi brukte derfor mye tid på å lære oss Wordpress og hvordan den kunne brukes til å utforme websiden.

Etter en del prøving og feiling, begynte siden å ta form. Youtube har vært et nyttig hjelpemiddel.

Vi hadde en liten utfordring med layouten og konfigurasjonen av Contact form 7. Resultatet er imidlertid blitt svært bra og vi er fornøyd med siden.



Figur 28 Skjerm bilde av nettsiden vår

## 8. Referanser

### 8.1 Bibliografi

- [1] N. Bioenergiforening, «<http://nobio.no>,» [Internett]. [Funnet 28 Februar 2014].
- [2] HellenesAS, «<http://hellenes.as/nn/>,» 22 januar 2014. [Internett].
- [3] B. eksosanlegg, «<http://www.eksosanlegg.no/om-eksos/lambdasonde/>,» [Internett]. [Funnet 28 januar 2014].
- [4] S. N. Leksikon, «<http://snl.no/Pt-100-element>,» [Internett]. [Funnet 03 Februar 2014].

- [5] B. Bibsys,  
«<http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/189156/Masteroppgave,%20Karoline%20Aagaard%20Gamlund.pdf?sequence=1>,» 15 mars 2013. [Internett]. [Funnet 03 februar 2014].
- [6] «[http://www.pyromation.com/TechInfo/WhitePapers/How\\_to\\_Select\\_and\\_Use\\_the\\_Right\\_Temperature\\_Sensor.aspx](http://www.pyromation.com/TechInfo/WhitePapers/How_to_Select_and_Use_the_Right_Temperature_Sensor.aspx),» [Internett]. [Funnet 15 mai 2014].
- [7] Nobio, «<http://nobio.no/bioenergi/1-bioenergi/>,» [Internett]. [Funnet 15 mars 2014].
- [8] Forskningsrådet,  
«<http://www.forskningsradet.no/servlet/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition%3A&blobheadervalue1=+attachment%3B+filename%3D%22FornybarTermiskEnergi-Bioenergi-medveikart.pdf%22&blobkey=id&blobtable=MungoB>,» 12 november 2013. [Internett]. [Funnet 05 februar 2014].
- [9] «<http://www.eaton.no/Norway/Electrical/ProductsServices/AutomationControl/AutomationControlVisualization/HMIPLC/XV102/index.htm>,» [Internett]. [Funnet 08 mai 2014].
- [1 0] «<http://w3.elektrofag.info/elektroteknikk/frekvensomformerer>,» [Internett]. [Funnet 12 mai 2014].
- [1 1] «<http://ndla.no/nb/node/115681>,» [Internett]. [Funnet 19 mai 2014].
- [1 2] s. 67, « [http://www.iea.lth.se/publications/MS-Theses/Full%20document/5278\\_full\\_document.pdf](http://www.iea.lth.se/publications/MS-Theses/Full%20document/5278_full_document.pdf),» [Internett]. [Funnet 19 mai 2014].
- [1 3] «<http://www.picoauto.com/applications/lambda-sensor.html>,» [Internett]. [Funnet 19 mai 2014].
- [1 4] «<http://fornybar.no/bioenergi/teknologi>,» [Internett]. [Funnet 05 februar 2014].
- [1 5] «<http://www.statsbudsjettet.no/Statsbudsjettet-2014/Dokumenter1/Fagdepartementenes-proposisjoner/Landbruks--og-matdepartementet-LMD/Prop-1-S/Del-2-Budsjettframlegg/2-Narare-omtale-av-loyvingsforslaga/>,» [Internett]. [Funnet 08 mai 2014].
- [1 6] «<http://www.fornybar.no/bioenergi/miljokonsekvenser-ved-bruk-av-bioenergi>,» [Internett]. [Funnet 08 mai 2014].
- [1 7] A. r. Ø. Høines, «<http://ndla.no/nb/node/59438>,» [Internett]. [Funnet 06 mai 2014].

[1 «<http://www.skype.com/no/about/>,» [Internett]. [Funnet 2014 mai 2014].  
8]

## 9. Vedlegg

### 9.1 Prosjektmappen

Kapittel 1- kontrakter og fremdriftsplan

Kapittel 2- Operatørmanual

Kapittel 3- Teknisk dokumentasjon

Kapittel 4- Hovedstrømskjema

Kapittel 5- Møtereferat

Kapittel 6- Testkjøring dagbok

Kapittel 7- Bilder fra testkjøring

### 9.2 Vedlegg i rapporten



### 9.2.1 Programkoding - PLC\_PRG (PRG-ST)

0001	PROGRAM PLC_PRG
0002	VAR
0003	FanPID: CTRL_PID;
0004	ScrewPWM:DynamicPWM;
0005	HeaterSp: REAL;
0006	Speed:LIN_TRAFO;
0007	END_VAR
0001	Scaling();
0002	
0003	FanPID(
0004	ACT:= LambdaFiltered,
0005	SET:= FanSp,
0006	SUP:= ,
0007	OFS:= ,
0008	M_I:= FanManValue,
0009	MAN:= NOT Auto,
0010	RST:= ,
0011	KP:= FanP,
0012	TN:= FanI,
0013	TV:= FanD,
0014	LL:= 30,
0015	LH:= 100,
0016	Y=> ,
0017	DIFF=> ,
0018	LIM=> );
0019	
0020	Speed(
0021	IN:= FanPID.Y,
0022	IN_MIN:= 0,
0023	IN_MAX:= 100,
0024	OUT_MIN:= 100,
0025	OUT_MAX:= 0,
0026	OUT=> ,
0027	ERROR=> );
0028	
0029	
0030	IF Auto THEN
0031	FanSpeedSP:= Speed.OUT;
0032	ELSIF (NOT Auto) AND FanMan THEN
0033	FanSpeedSP:= FanManValue;
0034	ELSE
0035	FanSpeedSP:= 0;
0036	END_IF
0037	
0038	
0039	
0040	(*PWM of screw*)
0041	ScrewPWM(
0042	xrSP:= ScrewSpeedSP,
0043	xbActivate:=ScrewStart ,
0044	xuPeriod:= 15000,
0045	xuMinSwTime:= 500,
0046	ybOut1=> ScrewOutput,
0047	ybOut2=> );

## 9.2.2 Programkoding - Scaling (PRG-ST)

```

0001 PROGRAM Scaling
0002 VAR
0003     Scaling: ARRAY [1..4] OF LIN_TRAFO;
0004     LamdaInverted: LIN_TRAFO;
0005     Lamda_FT: FT_PT1;
0006
0007
0008 END_VAR
0001 (****Scaling of inputs****)
0002 (*Scaling of lambda signal*)
0003 Scaling[1] (
0004     IN:= LambdaRaw,
0005     IN_MIN:= 0,
0006     IN_MAX:= 32767,
0007     OUT_MIN:= 0,
0008     OUT_MAX:= 1000,
0009     OUT=> Lambda,
0010     ERROR=> );
0011
0012 Lamda_FT(in:=Lambda , T:=t#20s , K:= ,
0013 out=>LambdaFiltered);
0014
0015 LamdaInverted(
0016     IN:= LambdaFiltered,
0017     IN_MIN:= 0,
0018     IN_MAX:= 1000,
0019     OUT_MIN:= 1000,
0020     OUT_MAX:= 0,
0021     OUT=> LambdaFilteredInverted,
0022     ERROR=> );
0023
0024 (*Saling of exhaust temperature*)
0025 Scaling[2] (
0026     IN:= ExhaustTempRaw,
0027     IN_MIN:= 0,
0028     IN_MAX:= 32767,
0029     OUT_MIN:= 0,
0030     OUT_MAX:= 1000,
0031     OUT=> ExhaustTemp,
0032     ERROR=> );
0033 (*ExhaustTemp:=((INT_TO_REAL(WORD_TO_INT( ExhaustTempRaw)))/10);*)
0034
0035 (*Saling of water temperature*)
0036 WaterTemp:=((INT_TO_REAL(WORD_TO_INT( WaterTempRaw)))/10);
0037
0038
0039
0040
0041 (****Scaling of outputs****)
0042 (*Scaling of fan speed output*)
0043 Scaling[3] (
0044     IN:= FanSpeedSP,
0045     IN_MIN:= 0,
0046     IN_MAX:= 100,
0047     OUT_MIN:= 0,
0048     OUT_MAX:= 32767,
0049     OUT=> ,
0050     ERROR=> );
0051 FanSpeedRaw:= REAL_TO_WORD(Scaling[3].OUT);
0052

```

### 9.2.3 Programkoding - FT\_PT1 (FB-ST)

```

0001 FUNCTION_BLOCK FT_PT1
0002 VAR_INPUT
0003     in : REAL;
0004     T : TIME;
0005     K : REAL := 1.0;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008     out : REAL;
0009 END_VAR
0010 VAR
0011     last : DWORD;
0012     tx: DWORD;
0013     init: BOOL;
0014 END_VAR
0015
0016 (*
0017 version 1.1118. jan. 2011
0018 programmer hugo
0019 tested by      oscat
0020
0021 FT_PT1 is an low pass filter with a programmable time T and faktor K.
0022
0023 *)

```

---

```

0001 (* read system time *)
0002 tx := T_PLC_US();
0003
0004 (* startup initialisation *)
0005 IF NOT init OR T = t#0s THEN
0006     init := TRUE;
0007     out := K * in;
0008 ELSE
0009     out := out + (in * K - out) * DWORD_TO_REAL(Tx - last) / TIME_TO_REAL(T) * 1.0E-3;
0010     IF ABS(out) < 1.0E-20 THEN out := 0.0; END_IF;
0011 END_IF;
0012 last := tx;
0013
0014 (*
0015 hm 1.1.2007 rev 1.1
0016     corrected error while startup value was not correct
0017     for very small time values real output would run out of range.
0018
0019 hm 3.1.2007 rev 1.2
0020     corrected an error for falling edge failures.
0021     added output faktor K.
0022
0023 hm 27. 2. 2007 rev 1.3
0024     output will be input during init for definitive startup condition.
0025
0026 hm 15.9.2007 rev 1.4
0027     changed time() to T_PLC_US() for compatibilitxy resons
0028     increased internal accuracy to Microseconds instead of Milliseconds
0029
0030 hm 23. oct 2007rev 1.5
0031     added out := in to the init statements
0032
0033 hm 30. nov 2007rev 1.6
0034     changed out to be K * in during initialization
0035
0036 hm 5. jan 2008 rev 1.7
0037     improved code for better performance
0038
0039 hm 16. mar. 2008 rev 1.8
0040     added type conversion to avoid warning under codesys 3.0
0041
0042 hm 14. jun. 2008 rev 1.9
0043     improved code
0044
0045 hm 11. mar. 2009 rev 1.10
0046     real constants updated to new systax using dot
0047
0048 hm 18. jan. 2011 rev 1.11
0049     avoid underrun of out
0050
0051 *)

```

#### 9.2.4 Programkoding - DynamicPWM (FB-ST)

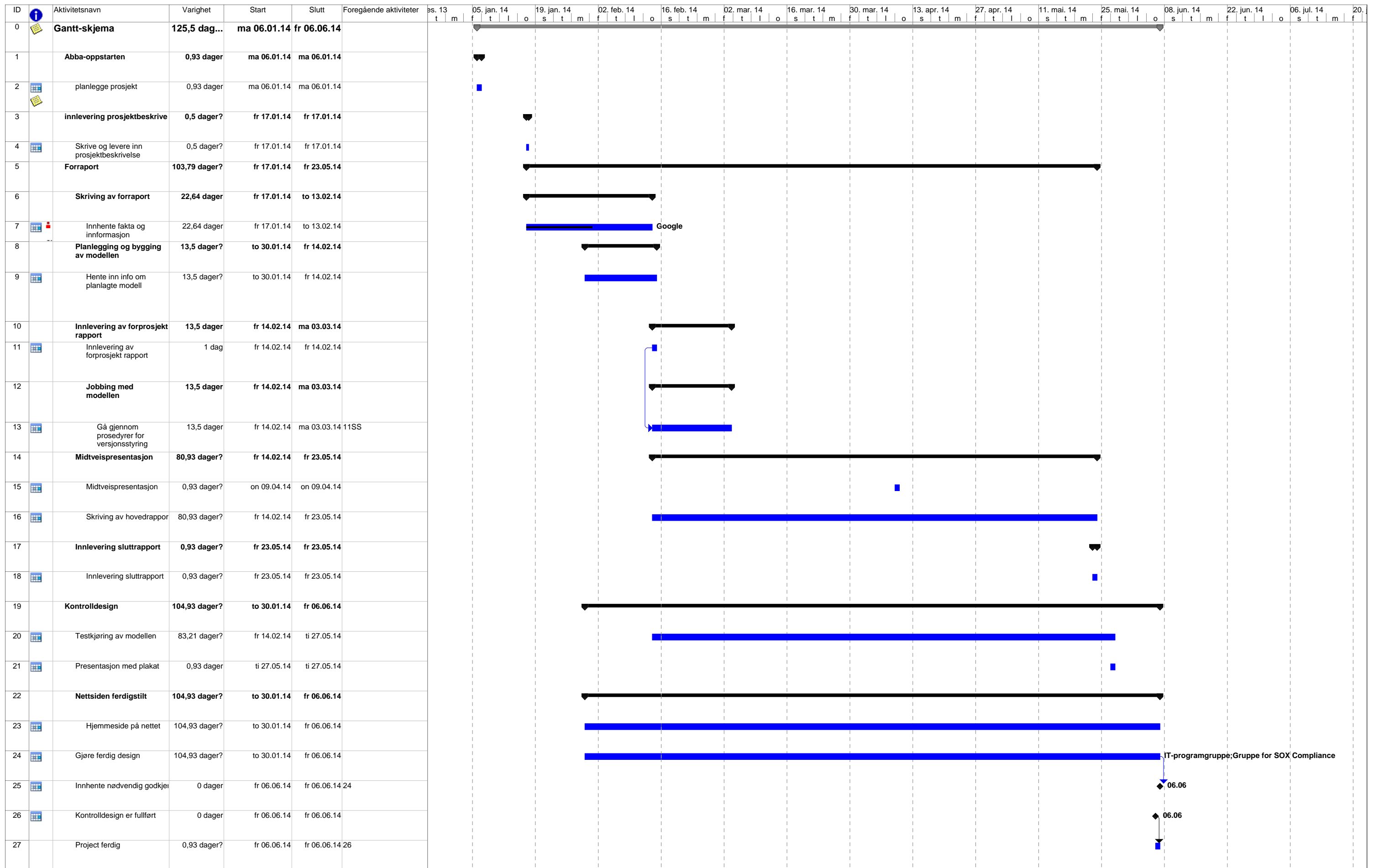
```

0001 FUNCTION_BLOCK DynamicPWM
0002 VAR_INPUT
0003     xrSP           : REAL;
0004     xbActivate    : BOOL;
0005     xuPeriod      : UINT;           (*Periode in ms*)
0006     xuMinSwTime  : UINT;         (*Minimum switch time in ms*)
0007 END_VAR
0008 VAR_OUTPUT
0009     ybOut1        : BOOL;         (*Output 1*)
0010     ybOut2        : BOOL;         (*Output 2, 180degrees phase shift from Out1*)
0011 END_VAR
0012 VAR
0013     ActivateTR    : R_TRIG;
0014     HTR1          : F_TRIG;
0015     HTR2          : F_TRIG;
0016     LTR1          : F_TRIG;
0017     LTR2          : F_TRIG;
0018     HTP1         : TP;
0019     HTP2         : TP;
0020     LTP1         : TP;
0021     LTP2         : TP;
0022     PHTP        : TP;
0023     PSTP        : TP;
0024     suHP        : UINT;           (*High pulse lenght*)
0025     suLP        : UINT;           (*Low pulse lenght*)
0026     suPH        : UINT;           (*Delay between outputs*)
0027 END_VAR
0028
0029 (*
0030 Function block for Dynamic PWM Control, Two outputs with 180 degrees phase shift
0031
0032 13.03.14Kim Andre Osland
0033 Created.
0034 *)
0035
0001 suHP      := REAL_TO_UINT(xuPeriod*(xrSP*0.01));      (*High Pulse lenght*)
0002 suLP      := xuPeriod-suHP;                          (*Low Pulse lenght*)
0003 suPH      := REAL_TO_UINT((((suLP/2)+suHP)-(suHP/2)));(*delay between output 1 and 2*)
0004 ActivateTR(CLK:= xbActivate, Q=> );                    (*Trigger to start PWM*)
0005 IF xbActivate THEN
0006     (*PWM output 1*)
0007     HTR1(CLK:= LTP1.Q OR ActivateTR.Q, Q=> );          (*Trigger to star High periode*)
0008     HTP1(IN:= HTR1.Q, PT:= UINT_TO_TIME(suHP), Q=> , ET=> );(*High periode timer*)
0009     LTR1(CLK:= HTP1.Q, Q=> );                          (*Trigger to start timer of LOW periode*)
0010     LTP1(IN:= LTR1.Q, PT:= UINT_TO_TIME(suLp), Q=> , ET=> );(*Low periode timer*)
0011
0012     (*PWM output 2, 180 degrees shifted*)
0013     PSTP(IN:= HTP1.Q OR ActivateTR.Q, PT:= UINT_TO_TIME(suPH), Q=> , ET=> );
0014     HTR2(CLK:= PSTP.Q, Q=> );                          (*trigger to start HIGH periode*)
0015     HTP2(IN:= HTR2.Q, PT:= UINT_TO_TIME(suHP), Q=> , ET=> );
0016     LTR2(CLK:= HTP2.Q, Q=> );
0017     LTP2(IN:= LTR2.Q, PT:= UINT_TO_TIME(suLp), Q=> , ET=> );
0018
0019     (*Handle minimum switch time*)
0020 IF suHP < xuMinSwTime THEN
0021     ybOut1      := FALSE;
0022     ybOut2      := FALSE;
0023 ELSEIF suLP < xuMinSwTime THEN
0024     ybOut1      := TRUE;
0025     ybOut2      := TRUE;
0026 ELSE
0027     ybOut1      := HTP1.Q;
0028     ybOut2      := HTP2.Q;
0029 END_IF
0030 ELSE
0031     ybOut1      := FALSE;
0032     ybOut2      := FALSE;
0033 END_IF

```

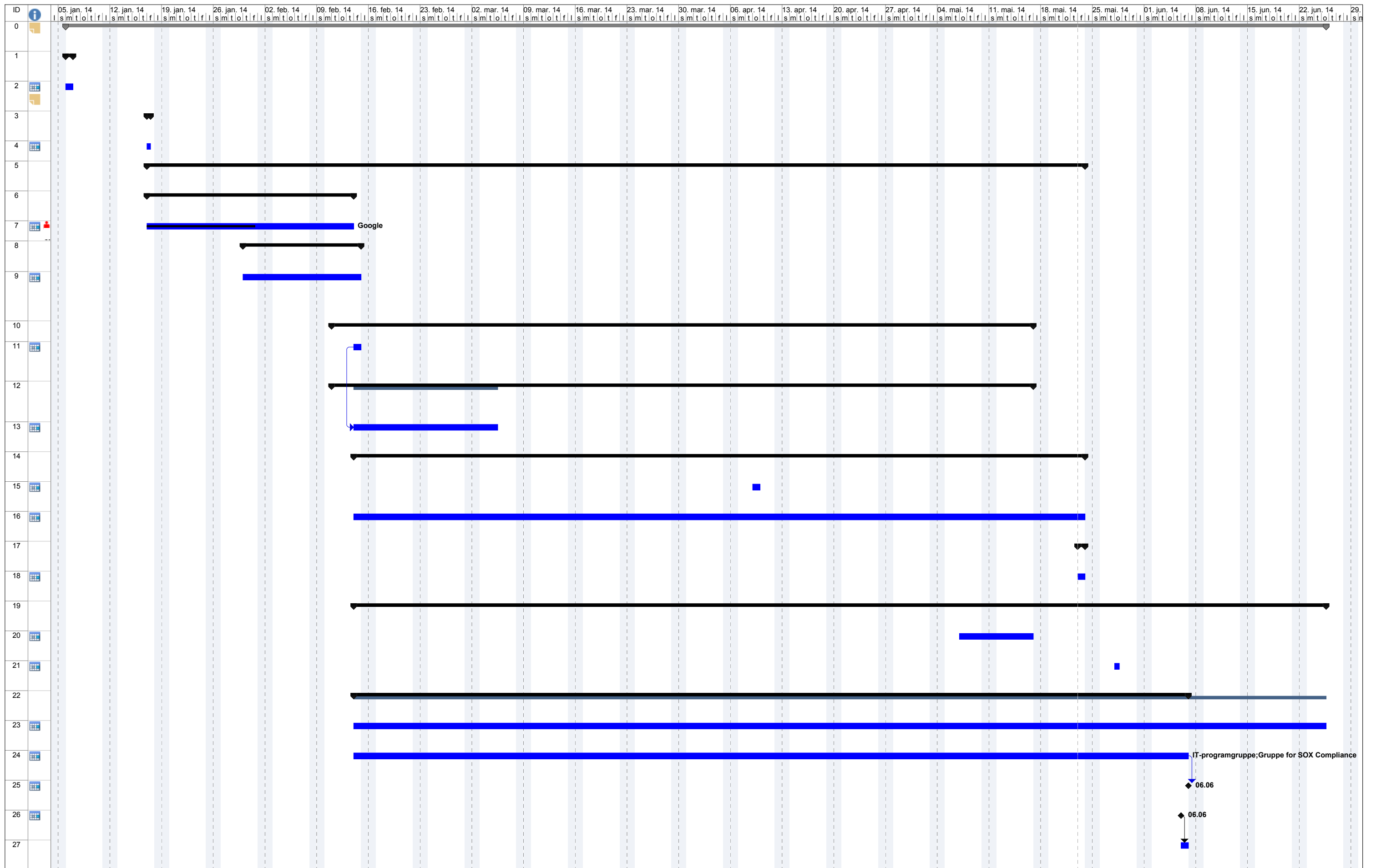


### 9.2.5 Ghant skjema



Prosjekt: Gantt-skjema Dato: sø 16.02.14	Aktivitet		Prosjektsammendrag		Inaktivt sammendrag		Manuelt sammendrag		Ekstern milepæl	
	Deling		Eksterne aktiviteter		Manuell aktivitet		Bare start		Fremdrift	
	Milepæl		Ekstern milepæl		Bare varighet		Bare slutt		Tidsfrist	
	Sammendrag		Inaktiv milepæl		Manuell sammendragsfremheving		Eksterne aktiviteter			

## 9.2.6 Revidert ghannt skjema



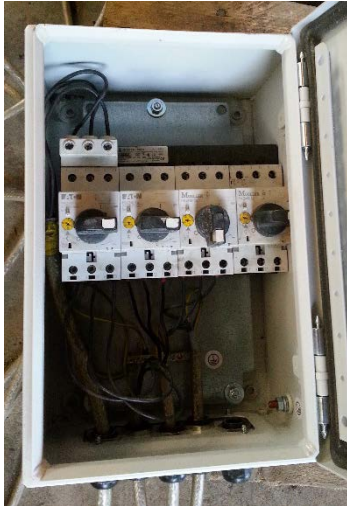
Prosjekt: Gantt-skjema – revidert utgav Dato: fr 23.05.14	Aktivitet		Prosjektsammendrag		Inaktivt sammendrag		Manuelt sammendrag		Ekstern milepæl	
	Deling		Eksterne aktiviteter		Manuell aktivitet		Bare start		Fremdrift	
	Milepæl		Ekstern milepæl		Bare varighet		Bare slutt		Tidsfrist	
	Sammendrag		Inaktivt milepæl		Manuell sammendragsfremheving		Eksterne aktiviteter			

## 9.2.7 Brukermanual

## Bruksanvisning og bruk

### Strøm og oppstart

Først må vi sørge for at alle komponentene er tilkoblet strøm. PLS og tilhørende IO-modul får strøm via en stikkontakt. Så må en slå på strømmen til frekvensomformerer, vannpumpen og motoren til mateskruen. Dette blir gjort i en koplingsboks som vist på bilde under.



Bilde 1 koplingsboks

Bryterne, nummerert fra venstre er:

1. Frekvensomformerer.
2. Vannpumpen, som pumper vann til røykvaskeren.
3. Motoren til mateskruen.
4. Ikke i bruk.

Alle tre må stå i vertikal stilling.

Selve oppstartprosedyren er i denne prototypen manuell og gjøres på følgende måte:

Lokket på forbrenningsovnen må løftes opp for å få tilgang til selve forbrenningskammeret.

Legg litt pellets i bunn av kammeret, tøm over litt rødsprit og tenn på.



*Bilde 2 brennkammer*

Legg så på lokket og fest klemmen slik at lokket er tett.

Sjekk deretter at skjøten mellom rørene over kammeret er tettet med rockwool.



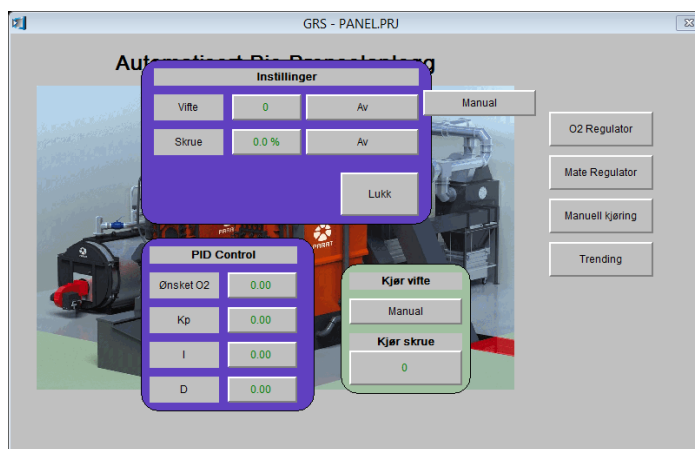
*Bilde 3 rørskjøl*

En kan nå manuelt starte avtrekksviften på lav innstilling, rundt 30%, til temperaturen i eksosen har kommet opp i rundt 200° C. Viften må stå i stilling "På" for å gå.

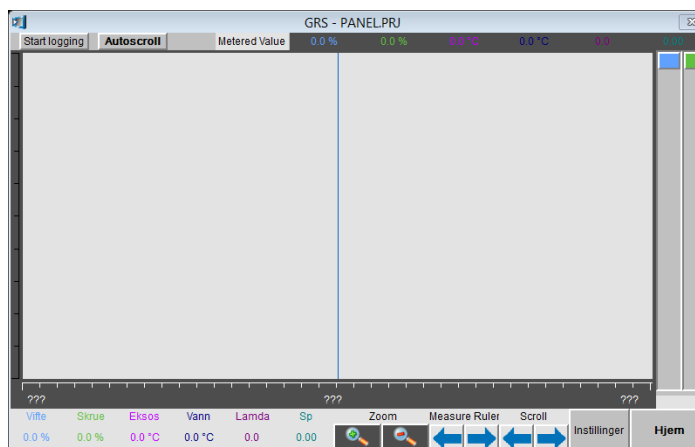
Innstillingene er tilgjengelige fra PLS'en.



Bilde 4 Hjem, skjermbilde PLS



Bilde 5 Manuell kjøring, skjermbilde PLS



Bilde 6 Trending, skjermbilde PLS

Bilde 4 over viser *Hjem*-skjermen, eller startskjermen, på PLS'en. Fra dette skjermbildet kan en finne innstillingene ved å bruke knappen *Manuell kjøring*. Da vil man få opp innstillingene for viftehastighet og matehastighet oppgitt i prosent, start og stopp for vifte og mating, samt innstillingene for PID-regulatoren. Dette er vist i bilde 5. Innstillingene får en også tilgang til ved å bruke knappen *Innstillinger* fra skjermbilde *Trending*. Bilde 6, *Trending*, blir brukt for å

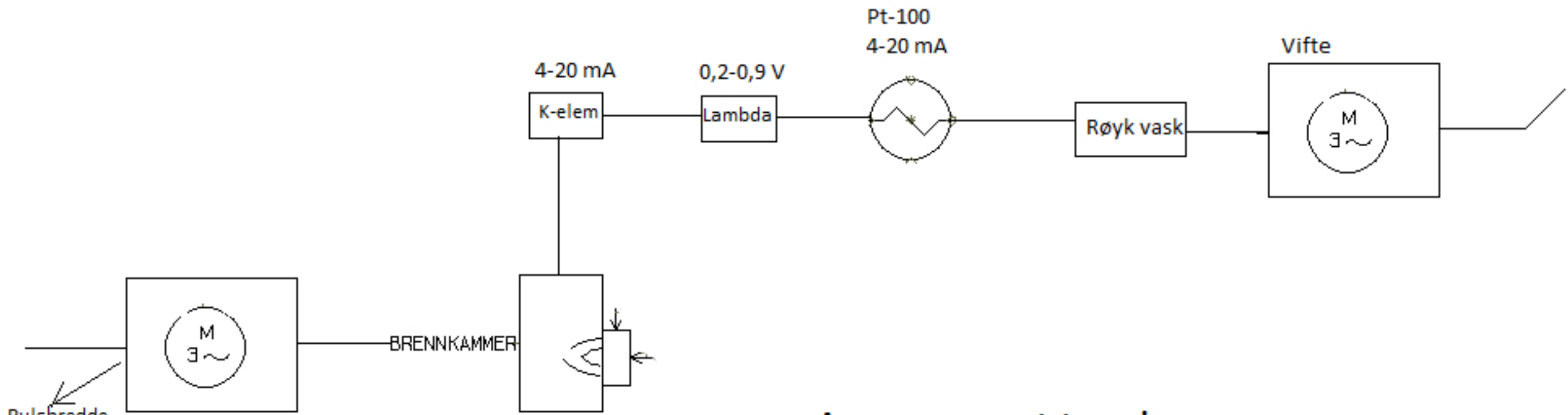


overvåke temperaturen i eksos og vanntank, hastighet på vifte og mating, spenning fra lambdasonden og settpunkt for PID-regulatoren. Vær oppmerksom på at under oppstart bør mating og vifte styres manuelt, for å unngå at en enten kveler flammene eller at det brennes tomt.

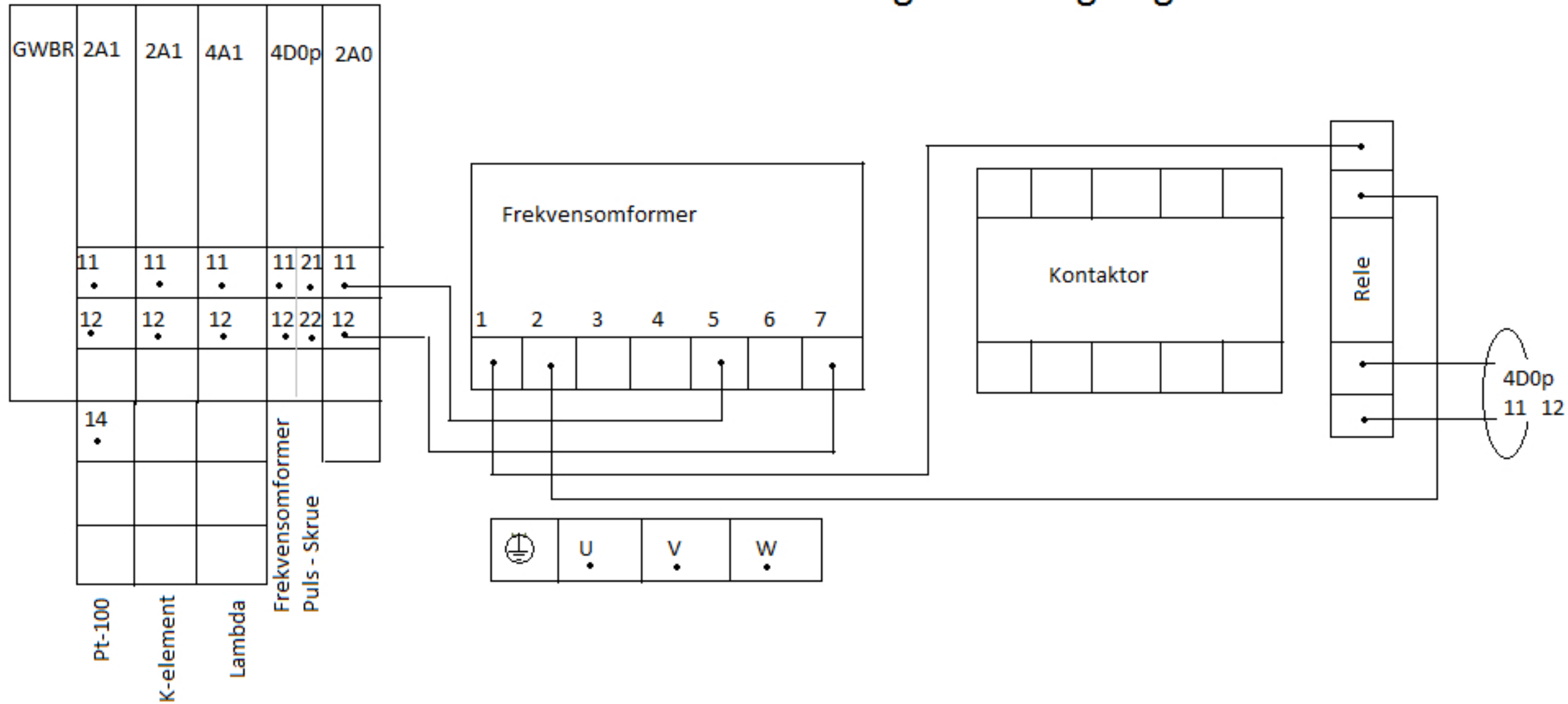
Når en har satt innstillingene for PID-regulatoren riktig, og temperaturen har økt nok slik at lambdasonden starter å gi induktiv spenning, kan en sette PID-regulatoren over til auto. Da vil PID-regulatoren justere viftehastigheten utfra ønsket settpunkt. Settpunktet for PID-regulatoren er skalert slik at det viser mV. Et settpunkt på 45 vil tilsi en ønsket regulering på rundt 450 mV.

Lambdasonden gir ut induktiv spenning mellom 200 og 900 mV. Vi valgte å legge oss på en regulering rundt 450 mV, da dette ville gi et O<sub>2</sub>-overskudd på 8-10% etter forbrenning. Ved gjentatte tester fant vi ut at denne innstillingen ga oss høyest gjennomsnittstemperatur. Når vi endret settpunktet sank temperaturen. Dette indikerer at blandingsforholdet mellom luft og pellets ikke var optimalt.

## 9.2.8 Arrangementtegnning

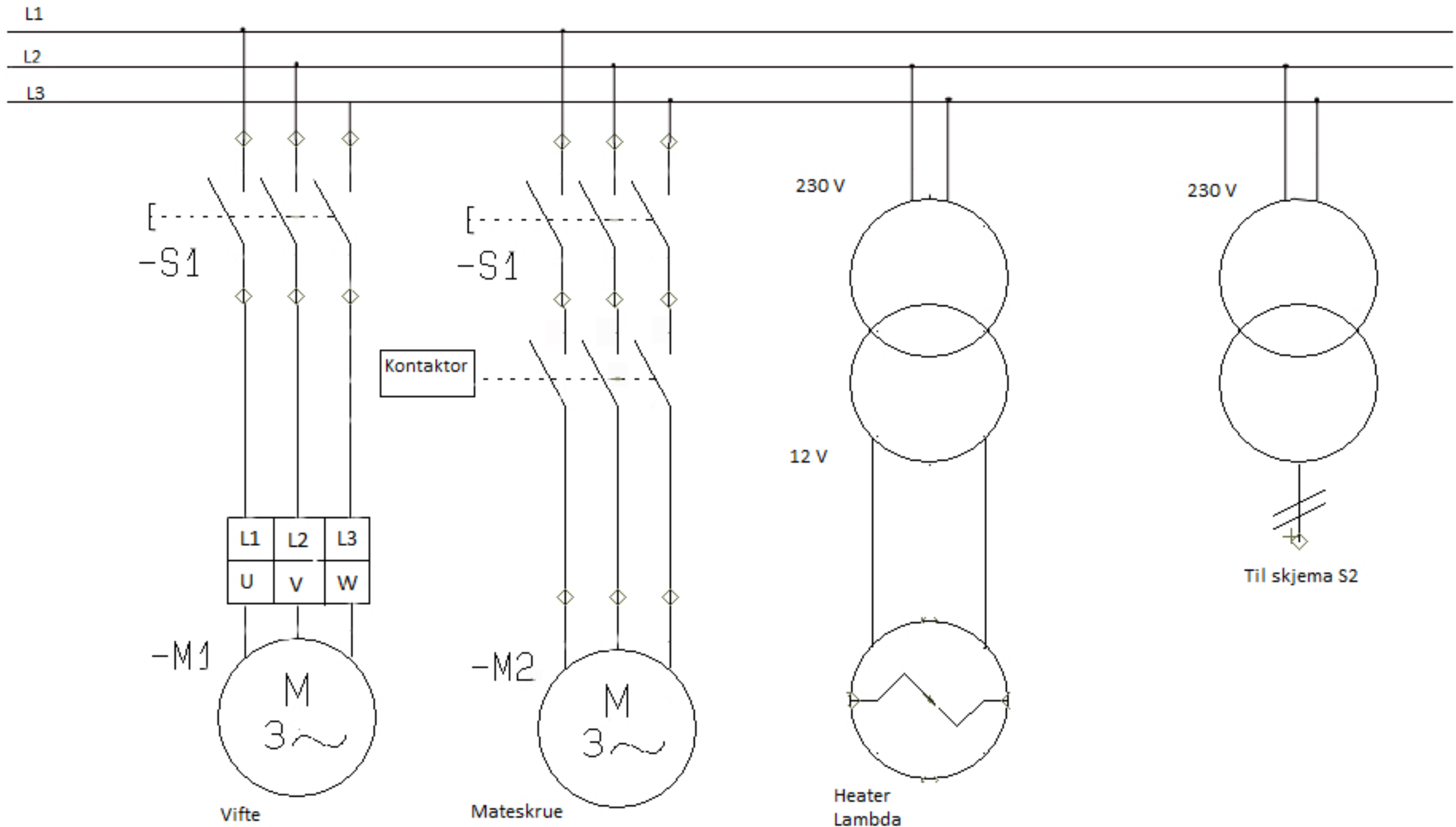


### Arrangement tegning



## 9.2.9 Hovedstrømsskjema

# Hovedstrømskjema S1





## 9.2.10 Styrestrømsskjema

## Styrestrømskjema S2

