



Fagskolen Tinius Olsen

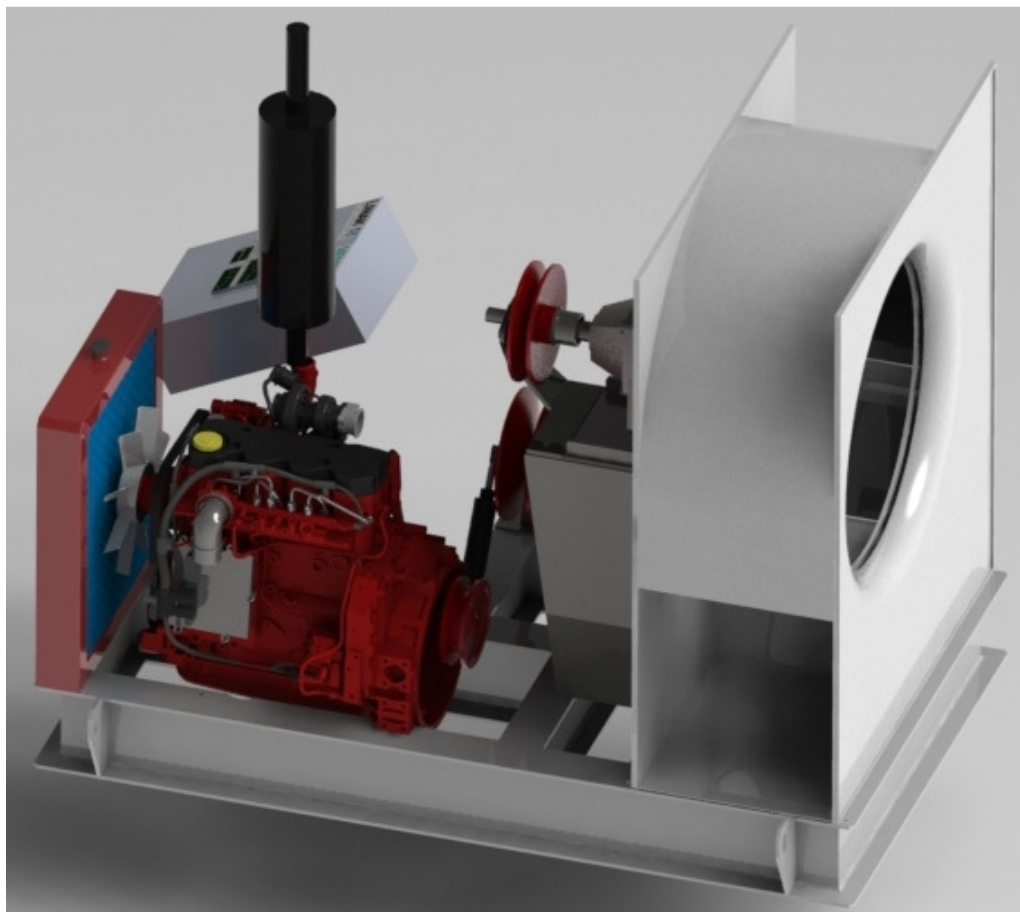
Avdeling for El. kraft og Mekatronikk

PROSJEKTRAPPORT 2015:

*Dieseldrevet korntørkevifte
Oppdragsgiver: Erik Løvmo*

Utarbeidet av:
*Jan Erik Rismyhr
Erik Løvmo*

Klasse: 4NEL og 4NME
Antall sider: 51 (uten vedlegg)
Vedlegg: 15
Innlevert dato: 05.06.2015



Summary:

Erik Løvmo is running a grain production in Sandefjord and experiencing an increasingly humid climate and stringent quality requirements on grain products. Grain drying plant helps to improve the quality of protein content and bake capability in that one can harvest corn earlier and prevent damage caused by bad weather when the grain is ripe and dry in the field. The main project addresses this issue, and will construct one part of a grain drying plant; fan facility. The farm has no electricity capacity to operate fan with electric power. Therefore, the principal asked the project team to design and build a diesel-powered grain drying fan.

The project is interdisciplinary between electricity and mechatronics and has two project members. Erik Løvmo is project manager and Jan Erik Rismyhr is production manager.

The device consists essentially of a solid steel frame carrying diesel engine, transmission and fan. The device should have compact exterior dimensions and should be able to be lifted by crane. Because of the danger of destroyed grains by overheating, interruption in operations on, the fan unit shall have a management system that monitors and automatically runs the plant and alerts in the event of failure, as well as a system for manual operation. The project group also got tasked with finding a solution to the rotation of the motor and fan that was different.

The project has had a planning phase with the preparation of the rough progress lines in the project; planning, feasibility study, detailed planning, design and construction, commissioning and testing and reporting. Time estimate for the project was around 320t. The project has shown that it is extremely challenging to construct a unit and build it in such a short time. The technical solutions were complex, had to work in concert and we needed several times to try the solution in practice to see if they worked as intended.

The unit was designed in 3D CAD and parts needed fabrication was cut out on CNC cutting torch or rotated metal lathe at TIP line at Holmestrand High School that the project had a construction agreement with. The frame of the device was made in the course "project into practice" in the previous school year.

The management system that was chosen is the PLC and HMI panel from Siemens. The system is called Simatic Step 7 with TIA software (Totally Integrated Automation) where all parameters and programming of both devices occurs. Siemens contributed with discounted rates for the project. Linak AS contributed by electric linear actuators for regulating the variator for the variable speed belts and throttle for diesel pump. Auto-Maskin AS contributed with solenoid for stop and emergency stop function.

The project group is very pleased with the outcome of the technical solutions and the quality of construction of grain drying fan even though the group had to seek technical school about an extension of the inspection date of the finished product.

Subject word: *Main project, Graindryingfan*

Forord

Som gårdbruker bør man være svært allsidig og tålmodig for å takle utfordringene som kommer løpende i forbindelse med en sesong av planteproduksjon. Man må ha et øye for fremdrift, ledelse, økonomi, biologi, geologi, hydrologi, mekanikk, hydraulikk, elektro, osv. Det vil si at man må tenke både tverrfaglig og helhetlig.

Da var det med stor entusiasme jeg og studiekollega Jan Erik Rismyhr kunne gå løs på en tverrfaglig hovedoppgave og praksisoppgave som avslutning på 4 års deltidsstudium og i tillegg få et viktig bidrag til gårdsdriften i mange år fremover.

Oppdraget som består i å konstruere og produsere et dieseldrevet korntørkevifteanlegg er meget viktig for gårdsdriften i kommende sesonger. Vi har i de siste 4 årene hatt betydelig vanskelige innhøstningsforhold med store nedbørsmengder i lange perioder. I forrige sesong opplevde vi en svært kraftig hagelbyge på modent korn som forårsaket et avlingstap på 25% ved at kornet ble slått ut av aksene. I de korte periodene mellom regnbygene rekker ikke kornet å tørke nok stående på jorden til at det kan høstes før neste nedbør kommer. Med et effektivt korntørkeanlegg vil man generelt sett kunne treske to dager etter at det har regnet i stedet for en uke etter. Man kan også starte høstingen tidligere i sesongen mens været er mer stabilt. Tidligere høstet og tørrere korn gir bedre kvalitet for bakeevne og protein. Det gir mer stabil lagring og bedre pris.

Korntørkeanlegget må være meget driftssikkert. I sesongen vil det gå 24 timer i døgnet i kanskje 14 dager i strekk. Overvåking og kontroll av anlegget, er avgjørende faktorer. Driftsstans vil i ytterste konsekvens føre til tap av hele avlingen som ligger på tørka som følge av varmgang og gjæring, særlig i de nedre kornlagene. Dette gjør oppdraget tverrfaglig spennende. Alt fra konstruksjon og produksjon av stålrammen, montering av komponentene, design av styrings- og overvåkingssystem, testing og idriftsettelse, samt vedlikehold, har gitt oss mange utfordringer.

Anlegget blir meget miljøvennlig til tross for at virkningsgraden på motor og kraftoverføring ikke er så bra. All overskuddsvarmen fra anlegget trekkes med i tørkeluften og bidrar til hurtigere tørking av kornet. Eksos avgassene ledes over tak og vekk fra innsugsluften.

Jeg vil takke Fagskolen Tinius Olsen for å ha akseptert oppdraget og alle veilederne for støtten under veis. Jeg vil også takke kollega Jan Erik Rismyhr for utrettelig pågangsmot, oppfinnsomhet, teknisk innsikt og arbeidslyst. Holmestrand videregående skole og elevene på TIP linjen tildeles en stor takk for det flotte arbeidet med stålrammen.



Erik Løvmo, Gårdbruker

1 Innhold

1	Produktet.....	5
1.1	Tema, problemstilling og avgrensning	5
1.1.1	Tema	5
1.1.2	Problemstilling.....	6
1.1.3	Avgrensning av problemstillingen	6
1.1.4	Definisjon av begreper i problemstillingen	8
1.2	Teori.....	9
1.3	Metode/fremgangsmåte	10
1.3.1	Ramme - oppbygging og funksjon, arrangement.....	10
1.3.2	Vedlikehold på motor og variator.	11
1.3.3	Girsystem - oppbygging og dreieretning	12
1.3.4	Variatorsystem - oppbygging - manuell / elektrisk	13
1.3.5	Tilpassinger mellom utstyr	14
1.3.6	Sensorer – funksjonsbehov	14
1.3.7	Sensorer – teknikk og virkemåte.....	16
1.3.8	Batterisystem og funksjon.....	18
1.3.9	Manuell styring.....	19
1.3.10	Merkeregime	19
1.3.11	Styresystem og HMI panel og styreskap	20
1.3.12	Arrangement og komponenter i styreskap	20
1.3.13	Kabelføringer – oppbygging, funksjon, dimensjonering og fargevalg.....	21
1.3.14	Gasspådrag og stopp- / nødstoppsystem.....	22
1.3.15	Varselsystem - optisk / akustisk	24
1.3.16	Personssikkerhets system	24
1.3.17	Programmering av PLS og HMI panel.....	25
1.3.18	Logistikk og innkjøpsfunksjon.....	26
1.4	Resultat.....	28
1.4.1	Produktets funksjon og virkemåte	28
1.4.2	Oppstart og idriftsettelse	29
1.4.3	Service og vedlikehold	30
1.5	Drøfting/diskusjon.....	31

1.5.1	Kraftkilde	31
1.5.2	Kraftoverføring	32
1.5.3	Styring, overvåking og sensorer	32
1.5.4	Merking	33
1.6	Konklusjon/oppsummering	33
2	Proessen.....	35
2.1	Referat fra arbeidet.....	35
2.2	Planlegging:	36
2.2.1	Tidsbruk	36
2.2.2	Plan for arbeidet.....	37
2.2.3	Gruppeledelse	39
2.3	Kommunikasjon.....	40
2.4	Ressurser	42
2.5	Læringsutbyttet	43
2.6	Verktøy og praksis	48
2.7	Konklusjon	48
3	Vedlegg	50
4	Kildeliste	51

1 Produktet

1.1 Tema, problemstilling og avgrensning

1.1.1 Tema

Erik Løvmo driver kornproduksjon på et gårdsbruk i Sandefjord. Som følge av et stadig våtere klima og strengere kvalitetskrav på kornleveranser, er det behov for å kunne tørke kornet før det leveres til mottaket. Tørkeanlegget vil også gi mulighet for tidligere høsting i perioder med stabilt vær. Tørking av korn krever store luftmengder over en relativ kort periode. Korntørken dekker et areal på ca 100m² og har en kapasitet på ca 80 000 kg korn.

Vifteanlegget består av en 60Hk dieselmotor, kileremoverføring over variator til en frikoblingsclutch, samt en sentrifugalvifte med kapasitet på 35 000m³ luft pr. time ved 120mm/Vs. Dieseltanken skal ha kapasitet på ca 600 liter. Overskuddsvarmen fra motor og eksos brukes i tørkeanlegget for å øke effektiviteten på tørkingen. Oljedamp og eksos må ledes vekk fra luftstrømmen.

Anlegget skal overvåke kjølevannstemperatur, oljetemperatur, oljetrykk, turtall og dieseltank nivå, samt ha manuell start- og stopp funksjon og turtallsregulering. Som opsjon skal det utredes mulighet for overvåking av anlegget via smarttelefon og internett.

Oppdraget har en budsjetttramme på NOK 60 000,-.

Se vedlegg 1, Prosjektpresentasjon og vedlegg 2, Sjekkliste for oppstart, prosjekt – korntørkevifte.

1.1.2 Problemstilling

Problemstillingen er å produsere en komplett selvstendig dieseldrevet korntørkevifte etter gjeldene regler og forskrifter. Korntørken skal være enkel i bruk, men samtidig skal den styres til å jobbe på best mulig drivstoff og energiøkonomisk måte og ivareta oppdragsgivers ønske om overvåking og logging av driftsdata.

Den skal kunne fjernstartes fra mobiltelefon og med mulighet til og stoppe motoren ifra telefonen, styrepanelet eller via nødstopps funksjonene. Det skal utarbeides en reserveløsning for å kunne kjøre motoren i tilnærmet manuelt drift ved eventuelt feil på det overordede systemet. Det skal konstrueres gear, variatoroverføring og nødvendige akslinger.

Korntørken må tåle å stå urørt i ett år å lagres med en temperaturer på -25C° for å så kunne gå igjennom en startprosedyre som gjør at korntørkeviften kan startes uten ekstern energikilder. Korntørkeviften skal være så solid at den tåler de påkjenninger som maskinen blir utsatt for. Det skal benyttes så sant det er mulig lagerførte deler.

1.1.3 Avgrensning av problemstillingen

1.1.3.1 *Krav til produktets funksjon*

- Enheten skal kunne løftes med løftestropper eller kjettingskrev.
- Enheten skal kunne blåse inn luft i tørkeanlegget.
- Enheten skal drives av diesel.
- Motorturtall og viftehastighet skal koordineres for å oppnå best mulig drivstofføkonomi og luftmengde. Prosjektet definerer selv løsningen innenfor budsjettrammen.
- Enheten skal kunne fungere uten tilknytning til strømnett.

1.1.3.2 *Krav til produktets form og utførelse*

- Produktet skal være kompakt. Enheten skal ikke ha større dimensjoner enn LxBxH: 2500x1500x2000mm.
- Delkomponentene skal monteres på en kraftig ramme.
- Enheten skal ha styring og overvåking av drift. Prosjektet definerer selv hva som er mulig og hensiktsmessig innenfor budsjettrammen.

1.1.3.3 Krav til økonomi knyttet til fremstilling av produktet

- Budsjettramme på kr. 60 000,- eks. MVA inklusiv sentrifugalvifte.
- Reiseutgifter og godtgjørelse for tidsbruk for studentene dekkes ikke av oppdragsgiver.

1.1.3.4 Øvrige krav fra oppdragsgiver

- Oppdragsgiver leverer brukt motor til prosjektet. Det er behov for generell service på motoren. Vannpumpe og termostat må byttes.
- Oppdragsgiver leverer ny sentrifugalvifte til prosjektet.
- Oppdragsgiver leverer brukt variatorsystem til prosjektet. Variatorsystemet er ikke komplett. Prosjektet skal komplettere variatoren.

1.1.3.5 Krav som følge av internasjonale standarder eller offentlige pålegg

- Enheten defineres som en maskin og vil måtte følge forskrift om maskiner.
- EN 606204-1 Maskinenes elektrisk utrustning del 1: generelle krav.
- 2006/42/EC Maskindirektivet

1.1.3.6 Krav som følge av sikkerhetshensyn

- Beskytte mennesker mot brannskade (varm eksospotte, motor og kjølevann).
- Beskytte mennesker mot akutt amputasjon og klemskader (roterende deler)

1.1.3.7 Krav som følge av teknologivalg

- Vifte skal drives av en dieselmotor.

1.1.3.8 Krav som følge av tilgang til ressurser

- Ferdigstilt til skoleslutt.

1.1.3.9 Andre krav / endringer

- Motoren og viften som er levert av oppdragsgiver har forskjellig dreieretning. Det vil si at viften ikke vil blåse luft som den skal ved normal drift på motoren. Oppdragsgiver var ikke klar over dette misforholdet. Prosjektet fikk i oppdrag å prosjektere en løsning for dette.

1.1.4 Definisjon av begreper i problemstillingen

Konstruksjonsarbeid er som regel en omfattende operasjon som krever et grundig planleggingsarbeid. Vi må kjenne til den tenkte virkemåten, belastningene på konstruksjonen, standardiserte regler og forskrifter må følges. Konstruksjon, økonomi og utførelse setter rammer for prosjektet.

«Daglig vedlikehold» Rutiner som blir fulgt for å ivareta en driftssikker hverdag og minske risikoen for lekkasjer og rustangrep.

«Sikkerhet»: Maskinen har en konstruksjon som er god nok til å takle de oppgaver den blir konstruert for og følge gjeldende lover og regler.

«Variator» En trinnløs utveksling som kan justere hastighetsforskjeller imellom vifte og motor.

«Solid» Maskinen vil ha en noe kraftigere oppbygging en kalkulert, dette for å få riktig høyde på motor og vifte.

«Vibrasjonsfri»: Motor og vifte kan være i ubalanse. En solid konstruksjon vil minske forplantingen av denne ubalansen.

«Kjettingskrev»: Kjetting som er beregnet på løft. Kjettingene er samlet opp til ett løftepunkt og består som regel av to eller flere kjettinger som kan lengde justeres i forhold til hverandre.

«Motorturtall og viftehastighet skal koordineres» vi har mulighet til å justere både turtall og viftehastighet elektrisk og trinnløst, dette kan gi enorme kombinasjonsmuligheter med samme resultat. Derfor er også punktet drivstoff økonomisk trukket inn som ett tema.

«Drivstoff økonomisk»: Driften av viften skal bidra til en god økonomisk avkasting på avlingen.

«Overvåking»: mulighet til å se drivstofforbruk, driftstimer og turtall.

«Fjernstartes»: fjernstartes med mobiltelefon, med driftstans ved og ringe opp viften.

«Tilnærmet manuell»: skal kunne kjøres med ett minimalt av styreorganer.

«Selvstendig dieseldrevet korntørke» Skal kunne brukes helt selvstendig uten ytre energikilder med unntak av diesel.

1.2 Teori

Av teori har vi brukt NEK 400:2014, Forskrift om maskiner og Statsbygg tverrfaglig merkesystem.

Tegningene ble konvertert inn i ett program som heter Solid Works 3D, dette er ett 3D modelleringsprogram, programmet kan brukes til og simulere belastninger på konstruksjonen. Testingen som ble gjennomført gikk ut på å kjøre flere forskjellige belastninger på konstruksjonen for å se etter forskjellige svakheter. "Hva hvis" analyser ble benyttet hyppig (f.eks. lagerfeste holder 60% av sin opprinnelig styrke, må den forsterkes, byttes i andre typer eller designes på nytt). Hele maskinen ble tegnet i 3D, med dette ble det lettere å finne gunstige løsninger, og faktisk se om det var fysisk mulig å gjennomføre. Maskinen ble også printet ut i plast med en 3D printer for å virkelig kunne kjenne på prosjektet. Delene som skulle skjæres ut ble konvertert over i ett CAD/CAM program programmet heter MCC10 og legger inn kjørebaner på den importerte tegningen.

Av litteratur har vi benyttet fagbøkene «Statisk og fasthetslære», «Materiallære» og «Verkstedhåndboken». Gruppen har benyttet seg i noe grad av veiledere til teoretiske besvarelser og design på rapport og hjelp til utregning av virkningsgrad osv. gruppen måtte fordype seg mer i forbindelse med PLS programmeringen ble det benyttet ett program som heter TIA portal som er ett siemensprodukt og her har gruppen fått god hjelp av Siemens til og løse tekniske problemstillinger.

Boken statikk og fasthetslære ble benyttet til og utregne kraften vi kunne utnytte i akslene i forhold til torsjon og tretthetsbrudd på aksler. Vi regnet også ut treghetsmomentet på maskinen. Verkstedhåndboken har vert veldig nyttig når vi lagde delene på verkstedet, der fant vi skjærehastighet ved dreining, fresing boring og

kutting med skjærebrenner. Boken ble også benyttet til å finne toleranser, overflatefinhet og andre relevante data ved sponfraskillende bearbeiding og sammenføring. Materiallæreboken ble brukt for å finne riktige temperatur og tid for anløpning av de sveisede delene uten å ødelegge strukturen til stålet.

1.3 Metode/fremgangsmåte

Fremgangsmåten for produksjon av den samlede enheten deles opp i systemer.

Se vedlegg 3, Arbeidstegninger for mekanisk produksjon og vedlegg 4, skjemategninger for elektrisk anlegg.

1.3.1 Ramme - oppbygging og funksjon, arrangement.

For å finne layout på hovedkomponentene og den best egnede størrelsen på rammen innefor maksimumsmålene måtte vi ta nøyaktige mål av innfestingen for radiator, motor, variator og vifte. Det er også behov for mål av remdriftshul på motor og variator i forhold til innfestingen. Dette brukes for oppstilling av komponentene i forhold til hverandre. Man lager deretter skisse for hver hovedkomponent og plasserer remdriftshjul på linje direkte ovenfor hverandre.

I designet av rammen er det ulike vurderinger og valg som er lagt til grunn. En ramme kan ligge på gulvet eller stå på ben. Vi tegnet rammen i 3D Cad programmet, Solid Works, og testet styrken i programmet for de ulike variantene. Se vedlegg 5, Simuleringsrapport for styrkeberegning av stålramme. Vi fant ut at en ramme som lå flat mot betonggulv ga minst vibrasjon og svært liten nedbøying av stålkonstruksjonen. Man kunne tenke seg en ramme av andre materialer enn stål også, for eksempel tre, eller aluminium. Men stålets egenskaper var langt å foretrekke i forhold til styrke, vekt og dimensjon.

For øvrig hadde rammen som funksjon å sørge for tilstrekkelig plass under motoren for å kunne tappe ut motorolje, skjule ledningsføringer for det elektriske anlegget og gi innfesting for styreskap og løfteører. Styrkebergningene og layout viste at

stålprofilen ikke hadde behov for å være så bred. Valget falt da på en stålprofil IPE 240. Den er 245mm høy og 120mm bred. Dette er et godt høyde / breddeforhold for egenskapene til rammen. Løfteørene og innfestingen til armen for styreskapet ble satt inn i steget på profilen.

Rammen ble fabrikkert av TIP elever ved Holmestrand Videregående skole ihht våre produksjonstegninger. Rammen ble konstruert med IPE bjelker. Disse ble kappet på en kaldsag. IPE bjelkene har en stål kvalitet på RE (flytegrense) 355 N/mm² og RM (strekkfasthet) 470-630 N/mm². Det er ett godt sveisbart materialet, vi brukte MMA sveisemetode (pinnerveis) og ESAB OK 48.15 elektrode. Elektroden har en styrke på RE 490 N/mm² og Re på 575 N/mm² Noe som treffer egenskapene til IPE bjelken og er en elektrode for best mulig resultat.

Hull for innfesting av hovedkomponentene ble merket ihht innfestingsmålene og boret inn i øvre profilflens. Vi benyttet magnetborstativ med kjernebor og senterspiss for å få nøyaktige og rette hull.

1.3.2 Vedlikehold på motor og variator.

Prosjektet fikk levert en brukt dieselmotor med variatordrift fra en Massey-Ferguson 186 skurtresker. I dette tilfelle hadde disse vært ute av drift i mange år. For å sikre optimal drift må man bytte ut slidedeler som startermotor, dynamo, vannpumpe, termostat, dieselfilter, luftfilter, motoroljefilter samt å bytte væsker slik som kjølevæske og motorolje. Det er viktig å benytte deler som er beregnet for motoren man har. Om man ikke er kjent med den praktiske fremgangsmåten for å bytte komponentene kan man evt benytte en verkstedhåndbok for motoren man har. Vi går ikke inn på detaljene i rapporten ved å bytte disse komponentene, det er ikke av betydning for prosjektet forøvrig.

For variator er det viktig at glidefunksjonen går lett og at pakninger tetter godt for støv og smuss fra kileremmene. Variatoren må også rulle lett på lagrene. I vårt tilfelle demonterte vi variatoren, rengjorde alle delene og byttet kulelager, gummibelger og

støttinger. Vi smurte godt inn med fett og monterte delene igjen med hjelp av sprengskisse for variatoren. Sprengskissen fikk vi av EIK Maskin i Stokke. Se vedlegg 6, Sprengskisse – Variator.

1.3.3 Girsystem - oppbygging og dreieretning

I forbindelse med forprosjektet ble det klart at motoren og sentrifugalviften prosjektet hadde fått til rådighet ikke hadde samme nominelle dreieretning. Se vedlegg 7, forprosjektrapport. Hadde motoren vært en 3 faset elektromotor ville man enkelt kunne endret dreieretningen ved å bytte om på to av fasene. I tilfelle med en dieselmotor er ikke det mulig. En dieselmotor er kun designet for en dreieretning hvor dieselpumpe og forbrenning fungerer. Eneste løsningen er å snu dreieretningen på viften via et girsystem.

Vi kunne enten konstruere en girløsning selv eller kjøpe et ferdig produkt. Etter undersøkning på internett fant vi ikke noe produkt som var liten nok for vår design. For å passe med motor og variator kunne ikke girsystemet være lenger en 300mm.

Vi designet en egenkonstruert løsning med to aksler og tannhjul. Det var en svært vanskelig prosess å finne riktige deler til denne løsningen. Vi så på tannhjul med rette og skråstilte tenner. Skråstilte tenner gir en roligere gange. Skråstilte tenner gir et kraftmoment i lengderetning på akselen, men det kan oppheves ved å sette to hjul med motsatt vinkel mot hverandre. Vi var i kontakt med Transtech AS i Larvik som kunne informere om at tannhjul med skråstilte tenner, såkalte "helical gears" i vår dimensjon på ca 50mm ikke var standardprodukt. De kunne lage det spesielt, men det ville koste om lag 7000,- pr. stk. De henviste oss videre til Jens-S Transmisjoner AS i Oslo. Selger hos Jens S Transmisjoner AS mente de kunne skaffe tannhjul etter vårt ønske. Men ringte senere tilbake og avkreftet det. Se vedlegg 8, Produktdatablad – weblinkskjema.

Så viste det seg at de kunne levere komplett girkasse med dreieretningsendring og hastighetsreduksjon 1,24:1 med de målene vi kunne bruke. Det var en forholdsvis

kostbar løsning, men den gir oss svært høy driftsikkerhet fremfor en egenkonstruert løsning. Vi designet og produserte deretter en brakett for montering av girkasse på sentrifugalviften. Vi benyttet 12mm stålplater kuttet på automatisk skjærebord på HVGS og sveiset komponentene sammen.

På akselen før girkassen har vi montert en friløpskobling. Det er en innretning som overfører kraft i en retning på akselen. Det vil si at så lenge motor trekker akselen rundt vil også akselen til girkassen og vifte trekkes rundt. Når motor stopper vil viften fortsatt ha mye bevegelses energi i seg og kan da rotere fritt uten å trekke med seg motoren i rotasjonen.

1.3.4 Variatorsystem - oppbygging - manuell / elektrisk

Variatorsystemet er en type gir for kileremer. Vi bruker det for å kunne regulere hastigheten på viften uavhengig av turtallet på motoren for å kunne kjøre motor på mest mulig drivstofføkonomisk turtall og samtidig ha riktig turtall på viften. Vi har fått oppgitt nominelt turtall på viften som er 1450 rpm. For motoren har vi ikke noe informasjon som sier hvilket turtall som gir minst dieselforbruk ved ulike belastninger. Så dette må testes ut etter at anlegget er satt i drift.

Variatoren er bygget opp som to sammensatte kileremsskiver hvor midtveggen kan forskyves mot hver av sidene. Hvis variatoren presses fra motorremhjul vil kileremmen presses dypere ned mot senter av remhjulet og midtveggen vil presses mot sekundærremmen for girkassen. Sekundærremmen har litt slakk slik at den presses høyere på remhjulet og man har fått en utveksling på remhjulet. Den remmen med størst omkrets på remhjulet vil gå fortest.

Det er hovedsakelig tre måter å regulere avstanden mellom variatorhjul og motor. Manuelt med gjengestang / strekkfisk, hydraulisk med sylinder eller elektrisk med en lineær aktuator. Manuell regulering vil ikke gi oss mulighet for regulering via PLS systemet. Hydraulikk ville fungert med elektrisk proporsjonalventil som styres av PLS. Vi måtte da etablert et hydraulikkanlegg med pumpe, oljetank, ventil med styring og sylinder. Valget falt på elektrisk lineær aktuator. Denne gir oss mulighet for direkte styring fra PLS og med 12VDC systemspenning. Aktuatoren får 12VDC +/-

systemspenning og separate styresignal 12VDC+ for kjøring ut og inn. Aktuatoren gir tilbake 0-10V for posisjonering via et pulsgivende Hall potensiometer.

For øvrig består aktuatoren av sylinderhus med en stempelstang og en innvendig gjengestang. Gjengestangen vris rundt av en liten elektromotor via et girsystem som presser stempelstangen ut eller trekker den inn. Motor, gir system og elektroniske kretser sitter i tett kapsling (IP67) i enden av sylinderhuset. Størrelse på motor, utveksling på girsystem og stigning på gjengene for stempelstangen avgjør hastigheten og styrken på aktuatorens lineære bevegelse. Vår modell har en kraft i begge retninger på 4500N og en slaglengde på 200mm.

1.3.5 Tilpassinger mellom utstyr

De ulike komponentene til drivlinjen har noe ulike akseldiametere. Girakseakselen var mindre en fatningen for viften. For dette laget vi hylse med tilpassinger mellom girkasse og vifte. På andre siden av girkassen var aksel større enn fatning for friløpskoblingen. Vi utvidet fatningen i friløpskoblingen for å passe girkasseaksel.

1.3.6 Sensorer – funksjonsbehov

1.3.6.1 *Lavt diesel nivå i dieseltank.*

Lavt dieselnivå vil indikere at gjenstående driftstid er et minimum og at det er behov for påfylling. Det defineres ikke her hvor lang minimums driftstid er. Lavt dieselnivå kan også indikere unormalitet som lekkasje på dieselanlegget. Overvåkingen etableres med en nivåføler for dieseltank.

1.3.6.2 *Motordrift (om motor går eller ikke)*

Motordrift vil indikere om motor går eller ikke i en driftssituasjon og at den har rett turtall. Ofte vil en potensiell motorstans være indikert tidligere gjennom sensorer for dieselnivå, kjølevann og oljetrykk. Men det kan oppstå akutte feilsituasjoner som dieselpumpefeil, brist på høytrykksrør og lavtrykksrør for diesel, tette dieselfilter eller kvelning som følge av stans i kraftoverføringen. Disse parameterne lar seg ikke overvåke separat. Overvåkingen etableres med en turtallsføler.

1.3.6.3 Viftedrift (om vifte går eller ikke)

Viftedrift vil indikere om vifte går eller ikke i en driftssituasjon og at den har rett turtall. Selv om motor går vil vifte kunne stoppe som følge av rembrudd, remavhopping, brudd på friløpskobling, låsing av kraftoverføring ved lagerhavari eller fremmedlegemer i vifte. Låsing av kraftoverføring vil ofte føre til kvelning av motor og / eller skade på removerføring og aksler. Overvåkingen etableres med en turtallsføler.

1.3.6.4 Kjølevannstemperatur og trykk for dieselmotor

Overvåking av kjølevannstemperatur og trykk vil indikere avvik fra normalsituasjonen for dieselmotoren. Normaltemperatur på kjølevannet vil ligge på mellom 85°C til 95°C. Normaltrykket for kjølevannet vil ligge mellom 1bar til 1,5bar. Øking i kjølevannstemperatur kan indikere overbelastet motor ved høy fuktighet i kornet og stor motstand i luftstrømmen fra viften.

Det kan også indikere tett radiator og dermed begrenset nedkjøling av kjølevannet. Det kan sammen med tap av kjølevannstrykk og ladespenning indikere at vifterem som driver vannpumpen og kjøleviften har røket eller hoppet av.

En detektert feilsituasjon vil føre til varsling og en kontrollert stans for anlegget. Overvåkingen etableres med en temperaturføler og en trykkføler.

1.3.6.5 Motoroljetrykk og temperatur for dieselmotor

Overvåking av motorolje er hovedsakelig for å hindre motorhavari. Tap av motoroljetrykk vil i løpet av kort tid føre til skjæring og havari på motoren. Dette kan ha årsak i oljelekkasje på motoren, lavt olje nivå som følge av motorens oljeforbruk og uttetheter. Forhøyet motorolje temperatur vil kunne indikere overbelastet motor og redusert kjøling.

En detektert feilsituasjon vil føre til varsling og en kontrollert umiddelbar stans for anlegget. Overvåkingen etableres med en temperaturføler og en trykkføler.

1.3.6.6 Batterispenning og ladespenning

Batterispenningen er en indikasjon på energinivået i startbatteriet og om motoren vil kunne starte som forutsatt. Ladespenningen indikerer dynamoens lading av

startbatteriet under drift på dieselmotoren. Tap av ladespenning kan varsle om defekt dynamo eller brudd på vifterem.

Overvåkingen etableres med en spenningsføler innebygget i PLS (analog inngang).

1.3.7 Sensorer – teknikk og virkemåte.

Industrien som produserer følere og sensorer er generelt tilbakeholdne med detaljerte opplysninger oppbygging og virkemåte for sine komponenter. På direkte forespørsel vil ikke Linak AS gi ut slike opplysninger grunnet det konkurrerende markedet.

For komponenter til bil og landbruksbransjen blir heller ikke datablad for komponentene gitt ut. Man baserer seg utelukkende på modell og type. Vi beskriver her generelt den prinsipielle virkemåten på sensorene vi har valgt.

1.3.7.1 Hastighetssensorer

For overvåking av motorturtall har vi benyttet elektroniske sensorer. Sensorene gir signal til PLS systemet som behandler verdiene og utfører forhåndsdefinerte oppgaver som endring av turtall, varsling eller automatisk stopp. Turtall for vifte og motor måles. Det er to like hastighetssensorer basert på magnetfølerprinsippet. Motor føleren er plassert nær svinghjulet på motoren og føler hver enkelt tann på svinghjulet. Sensoren monteres så nært som en millimeter unna svinghjulet.

Føleren har 12VDC +/- systemspenning og følerhodet med en spole generer et magnetfelt. Når en tann fra svinghjulet kommer inn i føler området opptrer tannen som en del av kjernen i spolen og man får en endring i induktansen. Signalet behandles i en IC krets og via en åpen kollektor transistorutgang sendes et firkant pulstog med hastighetsfrekvensen til inngangen på PLSen.

Åpen kollektor betyr at transistorens ene hovedkrets er ført direkte til utgangen på IC kretsen. Dette betyr at en høyre spenning kan påtrykkes hovedkretsen enn det som driver IC kretsen. Hver føler har to separate kretser slik at man kan detektere rotasjonsretningen på svinghjulet. For vår applikasjon er ikke det aktuelt.

Svinghjulet har 128 tenner. Ved 1200 rpm vil det bli 153 600 tenner pr. minutt. Omgjort til frekvens vil det bli 2560 Hz. Frekvensområdet for føleren er 1 til 15 000 Hz. Frekvensområdet til inngangen på PLSen er 1 til 30 000 Hz. Tilsvarende sensor er benytte for viften.

På viften teller vi antall blader på viften pr. omdreining. Viften har 6 blader og skal gå på nominelt turtall 1450 rpm. Det vil si 145 Hz.

1.3.7.2 Trykksensorer

For overvåking av trykk for olje og kjølevann har vi brukt elektriske følere av to typer. Ene typen er brukt til manuell drift og er elektromekanisk. Når trykket føleren er kalibrert for er oppnådd legger en mikrobryter sammen kontaktsett og føleren leder strøm til jord (12VDC -). I kretsen sitter det signallamper som tennes.

For automatisk drift er det brukt sensorer med trykkfølsom regulerbar motstand. Den er bygget opp av et halvledermateriale gir forskjellige motstandsverdier ettersom hvilket trykk sensoren blir påvirket av.

Ved at sensoren er montert i en krets med en inngang på en PLS og en spenningskilde vil spenningsfallet over sensoren endre seg ved endret motstand slik at inngangspenningen på PLSen vil variere.

1.3.7.3 Temperatursensorer

For overvåking av temperatur for olje og vann gjelder tilsvarende prinsipp. For manuell kjøring er det brukt elektromekanisk sensor hvor et bimetall (to metaller med ulik utvidelses egenskaper i forhold til temperatur) presser en mikrobryter til å gi kontakt når kalibrert verdi er oppnådd. For automatisk drift er det brukt en sensor med temperaturfølsom resistor.

Den er bygget opp av et halvledermateriale gir forskjellige motstandsverdier ettersom hvilken temperatur sensoren blir påvirket av. Ved at sensoren er montert i en krets med en inngang på en PLS og en spenningskilde vil spenningsfallet over sensoren endre seg ved endret motstand slik at inngangspenningen på PLSen vil variere.

1.3.7.4 Posisjoneringsensorer

For overvåking av posisjonering for elektriske lineære aktuatorer er det benyttet doble Hall element med puls telling. Det doble elementet registrer om aktuatoren beveges inn eller ut avhengig av hvilket element som registrerer pulser først. I kompendiet for Fagskolen Tinius Olsen, Automasjon, Sensorer, (Stevning) er det oppgitt at "Hall elementet består av en firepolet halvleder som omformer en endring i magnetfeltet rundt den til en endring i strømmen gjennom den. Denne endringen i strømmen oppfanges av en forsterker som gir utgangssignal fra føleren." Hall elementet gir ut pulser som behandles i en IC krets og som konverteres til en 0 til 10VDC spenning som føres inn på en analog inngang på PLSen.

1.3.8 Batterisystem og funksjon

Korntørkeviften har ikke tilgang til ekstern strømtilførsel og må derfor baseres på et batterisystem. Batterisystemet har to hovedoppgaver.

Den ene oppgaven er å sørge for energi til startmotoren for dieselmotoren og den andre oppgaven er å sørge for energi til styresystemet.

I utgangspunktet kunne dette vært samme energikilde. Imidlertid vil spenningen på startbatteriet falle ganske betydelig under oppstarten av startmotoren. Dette vil kunne føre til at PLS systemet stopper. PLS systemet administrer oppstarten av dieselmotoren i automatisk drift og bortfall av denne midt i startprosedyren ville kunne resultere i avbrutt start eller ødelagt startmotor. Vi valgte derfor to separate batterisystemer med hver sin oppgave.

Batteriene vi valgte har spesifikasjoner som er tilpasset oppgaven. Startbatteriet har høy startstrømskapasitet, men tåler dårlig dyputlading. Styrestrøm batteriet har bedre evne til å gi energi over lengre perioder og tåler dyputlading. Begge batteriene er vedlikeholdsfrie tette bly/tinn-syre celler. Disse batteriene tåler kulde uten å fryse i stykker også ved lav batterispenning.

Etter oppstart lader motorens dynamo startbatteriet. Når motor og vifte har oppnådd normal drift legges styrestrømsbatteriet også til dynamoen via et rele styrt av PLSen. Hovedbryter for begge batteriene sitter innkoblet i minus kretsen for begge

batteriene. Hovedbryteren er godkjent for kontinuerlig drift på 250A og med 2500A startstrøm.

1.3.9 Manuell styring

For å sikre at anlegget skal ha høyest mulig operativ tid under tørkesesongen har vi laget et system for manuell drift i tilfelle automatikken ikke skulle fungere og for prøvekjøring og grovinnregulering av anlegget. Det er et panel øverst i styreskapet under frontdøren.

Der er bryter for driftform manuell og auto, bryter for gløding og start av motoren, brytere for gasspådrag og variatordrift, samt stoppknapp. Det er også signallamper for gløding, lading, kjølevanntemperatur og oljetrykk.

Under manuell drift er det optiske og akustiske varselsignalene frakoblet mens funksjon for sikkerhetsbrytere og nødstoppbryter er ivaretatt.

1.3.10 Merkeregime

For merking av komponentene har vi valgt å bruke Statsbyggs tverrfaglige merkesystem (TFM). Systemet er gjort tilgjengelig for alle som ønsker å bruke det. Systemet er bygget opp rundt en lokaliseringskode, systemnummer og komponentnummer og er hovedsakelig ment for identifikasjonsmerking (ID) og systematisering av komponenter og rør / kabler for drift og vedlikehold. Litt utenfor systemet kan det også fungere som adressering av programmerbare komponenter og for ledermerking.

Eksempel fra vår merking: +0001=563.001-KX250

Lokaliseringskode: +0001 (første lokalitet)

Systemkode med løpenummer: =563.001 (Lokalt automasjonsanlegg)

Komponentkode med løpenummer: -KX250 (lavspenningskabel <50V)

Vi har valgt å merke alle komponenter som krever en form for vedlikehold og alle komponenter som må kunne skilles fra hverandre og gjenkjennes på skjemaer.

Komponenter som er merket er for eksempel, filter, starter, vannpumpe, radiator, variator, girkasse og friløpskobling.

1.3.11 Styresystem og HMI panel og styreskap

Det er viktig for driften at enheten har en form for styring og overvåkingsanlegg. Når kornet er lagt inn på tørkeanlegget og kornets fuktighet overstiger 15% eller temperaturen overstiger 20°C er det akutt behov for tørking og nedkjøling. Anlegget går i lengre perioder (5-10 timer) uten tilsyn. Hvis viften stopper underveis ved slike forhold uten at driftspersonale er klar over det kan føre til varmgang i kornet som følge av en begynnende gjæring og forråtnelsesprosess og kornet ødelegges som salgsvare. Styring og overvåkingsanlegget må derfor overvåke en rekke forhold for å sikre driften.

Signalene fra sensorene kobles til innganger på et overvåkingssystem. For dette er det valgt et industribasert PLS system (programmerbare logiske styringer) fra Siemens, avd. Digital Factory; Simatic S7 – 1200. Valget er tatt ut i fra egnetheten for prosjektet, læreutbytte for studiene og tilslutt pris innenfor budsjett. Utstyret er i utgangspunktet vesentlig dyrere enn LOGO, men gjennom gode samtaler med Siemens AS, avd Digital Factory fikk vi til en god prisavtale.

Systemet fungerer slik at elektriske signaler fra sensorene registreres på inngangene til PLS systemet. Programmet i PLS systemet holder orden på disse signalene og utfører de oppgavene som er forhåndsdefinert, slik som start og stopp av motor, indikering i display og varsling av alarmer.

Grensesnittet med operatør er en berøringsskjerm som skal programmeres til de ulike funksjonene det er behov for. Her kan man lese av alle måleverdier fra sensorene og stille inn alarmgrenser for de ulike parameterne.

1.3.12 Arrangement og komponenter i styreskap

Anlegget har et styreskap på siden av motoren med HMI panel og nødstoppbryter i front døren. Skapet rommer for øvrig alt PLS utstyret, rekkeklemmer, releer, sikringer, ekstern batterilader, vekselretter for PLS og brytere for manuell drift.

Mellom komponentene er det montert slissede kabelkanaler for føring av intern kabling. Alle modulære komponenter er montert på DIN skinne på montasjeplaten på bakveggen i skapet.

1.3.13 Kabelføringer – oppbygging, funksjon, dimensjonering og fargevalg

Ledningsføringene er bindeleddet mellom sensorer og annet utstyr til PLS systemet og mellom batteri og energikrevende utstyr. Alle ledninger er trukket i halogenfrie, varmebestandige (105°C) og trykkfaste plastrør ($\geq 16\text{mm}$, 750N / $\leq 13\text{mm}$, 320N). I tillegg ligger hovedsakelig føringene skjult innvendig i rammen og i stålrør utvendig på viften. Det ansees som at ledningene ligger kortslutningssikkert.

Ledningene er halogenfri og varmebestandig inntil 95°C. Dette gir noe bedre ledningsevne i forhold til konvensjonelle 70°C PVC isolerte ledninger. Anlegget har systemspenning på 12VDC som er definert som ikke berøringsfarlig spenning. Inne i styreskapet er det noen komponenter med 230VAC som er merket skjærskilt. Anlegget har også en forholdsvis liten batteripakke på til sammen 110Ah ved full kapasitet.

Ledningene er dimensjonert ihht tabell 52B, ledningsevne i NEK400:2014 og med ekstra fokus på tverrsnitt i forhold til spenningsfall over ledningen pga lav systemspenning.

Ledningspakkene er bygget opp etter komponent og trasé. Det vil si at flere komponenter har ledere i samme rør. Rørene er splittet og delt med kraftig krympestrømpe med lim. Dette er i hovedsak lite energi krevende utstyr. Generelt er syklustiden for energikrevende utstyr svært lav med unntak av stoppsolenoiden som har kontinuerlig drift.

For sensorer, sikkerhetsbrytere og signalgivere har vi brukt 0,75q ledning basert på at utstyret har svært lave strømmer, $< 1\text{A}$ og følgelig små spenningsfall. For aktuatorer og har vi brukt 1,5q, $< 5\text{A}$ grunnet litt høyere belastning og at utstyret er mer følsomt for spenningsfall. Til stoppsolenoiden har vi lagt 2,5q på grunn av følsomhet for spenningsfall ved høy startstrøm, ca 30A. Kontinuerlig driftstrøm er ca

0,7A. Til glødepluggen for dieselmotoren har vi brukt 4q ledning på grunn av høyt strømtrekk, ca 20A. Lite spenningsfall gir høyere spenning til pluggen og bedre gløding. Dynamo ladestrøm er ca 65A og for dette har vi lagt på 16q ledning for å sikre god ledningsevne. Startmotoren bruker ca 240A ved drift og har behov for 50q ledning.

Startmotoren har svært kort driftstid ved normal start, kun 1-3 sekunder, mens ved lufting av dieselsystemet eller ved kald start kan driftstiden bli 30 sekunder før man må stoppe og la startmotor kjøle ned. Dette er likevel svært korte tider i forhold til oppvarming av kabel. Det vil si at vi kan velge en mindre kabel med tanke på oppvarming. Tabell 52B-3 for ledningsevne i NEK 400:2014 er basert på kontinuerlig drift og to ledere i et rør, ved referanseinstallasjonsmetode B1 (ledning i rør) for 50q gir det strømføringsevne på 198A. Vi har kun en leder pr. rør for startmotoren, slik at ledningsevnen vil være noe høyere. Vi anser at 50q gir tilstrekkelig ledningsevne uten å gi for høy oppvarming ved slike korte driftstider og at spenningsfallet over ledningen er så lite at startmotoren får god kapasitet.

For fargevalg på lederne har vi valgt å følge maskindirektivet med en tilleggs anbefaling fra Elmoko AS. Sort farge for forsyningskretser for 12VDC, hvit farge for styrekretser 12VDC + og blå farge for 12VDC – og grå farge for analogkretser for 12VDC.

Fra batteriene til starter, dynamo og styreskap går kablene usikret. Kablene ansees å ligge kortslutningssikkert og det er ikke fare for overbelastning som går ut over ledningsevnen til kablene. Skulle det likevel oppstå en kortslutning vil ikke dynamo eller batteri ha nok kapasitet over tid til å opprettholde lysbuen slik at det utvikler brann på feilstedet. Maskinen er i hovedsak laget av stål og rør og kabler er av halogenfritt selvslukkende materiale. Det betyr at det brenner om det blir tilført høy nok temperatur, men slukker av seg selv når temperaturen avtar.

1.3.14 Gasspådrag og stopp- / nødstoppsystem

En dieselmotor benytter en spesiell dieselpumpe som fordeler og regulerer diesel inn i sylindrene med svært høyt trykk, opp mot 150 bar. Dieselpumpen har en hendel for

gasspådrag og en hendel for stopp. Gasspådraget skal reguleres automatisk av PLS systemet etter forhåndsdefinerte parametre. Derfor valgte vi å montere en elektrisk lineær aktuator for denne oppgaven.

Aktuatoren er koblet til hendelen på dieselpumpen via en stålwire i hylse. Wiren kan overføre krefter fra aktuatoren både i trekk og skyv retning. Wire og aktuator er montert i braketter som vi har designet. Aktuatoren har en kraft på 750N, 50mm slaglengde og hendelen på dieselpumpen har ca 30mm slaglengde. Det er viktig for aktuatoren å få aktivert endebytterne for å kalibrere posisioneringssystemet.

Derfor laget vi en utveksling mellom aktuator og wire slik at ikke aktuatoren i sine endeposisjoner presser hendelen på dieselpumpen over sine endepunkter. For å finjustere dette er det et glidespor i wirehylsens ene side hvor man kan trinnløst justere lengden.

Når en slik dieselmotor er i drift er den ikke avhengig av strøm fra batteriet for å fortsette å gå. Derfor er det en stopphendel på dieselpumpen som kutter dieselinnstrøyningen til sylindrene. Dette er eneste måten å stoppe motoren på en hensiktsmessig måte. Vi vurderte å bruke en elektrisk lineær aktuator også til dette, men fant det uhensiktsmessig fordi motoren da var avhengig av strøm for å stoppe. Vi valgte derfor en omvendt funksjon hvor vi bestemte at motoren var avhengig av strøm for å gå. Dette er også mer hensiktsmessig for en nødstopps funksjon.

Vi valgte da å benytte en elektrisk solenoid for å holde stopphendelen i driftsmodus og så slippe hendelen tilbake for å stoppe motoren. En elektrisk solenoid er en stempelstang i senter av en stor elektromagnetisk spole. Når spolen blir satt under spenning dannes det et magnetfelt som trekker stempelstangen inn. Når spenningen slås av og magnetfeltet oppheves gjør en retur fjær at stempelstangen returnerer til utgangspunktet.

Solenoiden vi valgte er en såkalt "dual coil", det vil si at den har to parallelle spoler og et sterkere magnetfelt. Dette systemet benyttes for å kunne senke strømmen ved kontinuerlig drift og samtidig ha nok trekraft ved aktivering. Det fordrer en betydelig større magnetkraft å starte bevegelsen og trekke en last inn enn å bare holde den

inne. Når stempelstangen er trukket inn aktiverer den en mikrobryter som frakobler den ene spolen. For å få rett modell og trekraft målte vi kraftbehovet på stopphendelen på dieselpumpen med en elektronisk vekt.

Vi fant at hendelen i første fase av bevegelsen hadde et kraftbehov på ca 5N, men i siste fase trengte ca 9N for å fullføre bevegelsen. Når bevegelsen var fullført trengte hendelen ingen kraft for å bli i posisjon. Det vil si at vi har behov for en tilsvarende motkraft for å føre hendelen tilbake.

Modellen vi valget var fra amerikanske Woodward, hadde betegnelsen 1502 dual coil og har en trekkkraft på 44N, en holdekraft på 107N og en returkraft på 8,9 til 29,8N (høyest verdi i slippunktet). Modellen hadde en startstrøm på ca 30A og en driftstrøm på ca 0,7A og er beregnet for kontinuerlig drift (100% duty cycle). Ved kontinuerlig drift er uten kjøling er temperaturen ca 42°C. Solenoiden er konstruert for omgivelsestemperaturer på opp til 120°C.

1.3.15 Varselsystem - optisk / akustisk

Vi har valgt å komplettere enheten med et system for optisk og akustisk varsling. Dette er aktivert under automatisk drift og indikerer oppstartsprosedyre og alarm.

En 12VDC LED varsellampe på toppen av viften blinker under oppstartsfasen ved gløding og start av dieselpumpen. Dette er for å varsle eventuelle personer i nærheten at anlegget er i ferd med å starte automatisk. Sammen med lampen sitter en 105dB lyd giver (pip) som skal varsle ved alarmer fra systemet ved avvik fra innstilte verdier.

Varslingen er ikke aktiv ved manuell drift fordi det vil virke forstyrrende for driftspersonalet og nødvendig informasjon gis fra panelet.

1.3.16 Personssikkerhets system

Forskrift om maskiner's viktigste anliggende er å sikre personer fra skade ved bruk av maskiner. Vår maskin skal i normal drift stå i et eget rom (viftehus) som er låst. Det er kun personell som er instruert i driften av maskinen som har tilgang til rommet.

Således vil sikkerheten være ivaretatt. Vi valgte i tillegg å etablere sikkerhets barrierer for de store roterende delene som svinghjul, removerføringer, variator, friløpskobling og vifte.

Barrierene vil hindre personer å komme i direkte kontakt med de roterende delene under normal drift. Det er gitterdeksel med sikkerhetsbrytere montert på. Hvis et deksel fjernes under drift vil nøkkelen trekkes ut av bryteren og motoren vil umiddelbart stoppe. Dette er kun en "normal" stopp og ikke en mekanisk stopp eller brems. Viften vil løpe videre på friløpskoblingen til den stopper av seg selv.

Hvis nødstoppbryter på styreskapet aktiveres eller om hovedbryter under batteriene slås av vil også motoren umiddelbart stopp. Sikkerhetskretsene ligger i forkant av og vil alltid overstyre PLS signalene og den manuelle styringen.

1.3.17 Programmering av PLS og HMI panel

Styrings- og overvåkingssystemet er PLS systemet Siemens Simatic Step 7 – 1200. Systemet leveres fra leverandør uparametrert kun med et TIA software (Totally Integrated Automation Portal) som man bruker til å sette opp alle funksjoner og innstillinger for systemet. Det er samme integrerte software både for PLS og HMI panel.

Selve PLS programmet er strukturert i programblokker, systemblokkene er delt opp i følgende grupper, organisasjonsblokker, funksjonsblokker og datablokker.

I organisasjonsblokkene ligger hovedprogrammene, i vårt tilfelle ligger driftblokken, turtallsreguleringen, feilmeldingsblokkene. I funksjonsblokken ligger startblokken, nedkjøringsblokken og andre blokker som blir kalt opp ifra organisasjonsblokken. I datablokken ligger alle tidsforsinkelser, timere, turtallstellere, overspeedtimer, feilmeldingforsinkelser osv. Programmet lages i ett ladder diagram (stige diagram) der blir tags hentet inn og gitt en funksjon, tagsene er organisert i forskjellige mapper, interne, eksterne og HMI har vi gruppert disse inn i. Interne tags bruker vi som minnetags som brukes andre steder i programmet. Eksterne tags er tags som er koblet opp til fysiske inn og utganger på pls'en, digitale som analoge.

I korthet er det ett hovedprogram som henter opp underprogrammene det overordnede programmet tar hånd om alle feilmeldinger nødstop, stopp og andre driftsstatuser. F eks ved start henter hovedprogrammet opp start programmet som tygger seg nedover programrekken, hvis programmet stopper opp på en måte vil det overordnede programmet få beskjed og sende ett varsel til mobil og HMI.

HMI panelet programmeres ved at man i programmet tar utgangspunkt i et medfølgende malbilde. Malbildet settes opp ved oppstart av HMI modulen og man kan velge noen standard funksjoner for funksjonsknappene nederst på skjermen. Vi valgte funksjonene "tilbake til hovedskjerm", "alarmlogg" og "avslutt". Videre etablerer man det antall bilder man ønsker basert på malbildet. Dette gjør at funksjonsknappene på alle bildene blir like og om man gjør endringer i malen vil dette automatisk fremkomme på de andre bildene som har malfilen som grunnlag.

Når antall bilder er klare kan man hente inn elementer inn på bildene fra det medfølgende elementbiblioteket. Elementene kan være digitale eller analoge displayer, søyler, knapper eller brytere. Det kan også være tekstbokser og bilder. Elementene kan skaleres og plasseres etter ønske på skjermen. I eget felt i programmeringsverktøyet kan man sette parametre for hvert element, for eksempel farge, linjetykkelse, teksttykkelse og størrelse, knappefunksjon for aktivert eller ikke aktivert knapp og skala og inndeling på displayer.

Fra et annet felt i programmeringsverktøyet henter man inn adresser (tags) fra PLS programmet slik at det blir koblet mot HMI panelet. Det gjør at HMI panelet blir grensesnittet mellom maskin (PLS) og menneske (Human Machine Interface).

1.3.18 Logistikk og innkjøpsfunksjon

Vi har benyttet oss av flere leverandører for å få tak i de delene vi har behov for underveis. Enkelte leverandører har vært svært interessert i å bidra med utstyr til dette fagskoleprosjektet. Andre leverandører har nektet å selge oss utstyr på grunn av det lille kvantumet vil skulle ha. I tabellen finner man leverandørene til prosjektet med navn, leveransebeskrivelse og prosjektstatus.

Bedrift	Prosjektstatus	Leveranse
Siemens AS, divisjon Digital Factory	Delvis sponsorat	PLS system, HMI panel og programmeringsverktøy, strømforsyning og TCP/IP switch
Linak AS	Fullt sponsorat	Elektriske lineære aktuatorer
Auto-Maskin AS	Fullt sponsorat	Elektrisk solenoid
Tools AS, avd. Sandefjord	Rabatterte priser	Bolter og sveisepinner
Bravida Norge AS, avd. Sandefjord	Rabatterte priser	Plastrør, styreskap, sikkerhetsbrytere
Jens-S transmisjoner AS	Tilbudspris	Flens girkasse
Biltema AS, avd. Sandefjord	Full pris	Batteriklemmer, små kabelsko, optisk og akustisk varsler
Tavleteknikk AS	Rabatterte priser	Kanaler, rekkeklemmer, ledning ulik tverrsnitt, merking, nødstoppbryter, vribrytere og signallamper, kabelsko, releer
Holmestrand VGS	Tilbudspris	Fabrikkerte ståldeler, lager til variator
JF Knutzen AS	Rabatterte priser	Hastighetsfølere og rekkeklemmesikringsholdere
Økonomi deler AS	Full pris	Friløpskobling, batterier, lager og lagerhus, startermotor, dynamo
Telering	Full pris	GSM antenne og M2M maskin abonnement
Leif Hubert AS	Tilbudspris	Stålbjelker, vinkler, stålrør og strekkmetall
EIK Maskin AS, avd. Stokke	Full pris	Diesel og oljefilter, wireoverføring, gummibelger til variator, vannpumpe og termostat
Tess Skagerak AS, avd. Sandefjord	Rabatterte priser	Slangeklemmer, dieselslanger, ramme gjennomføringer for dieseltilførsel
mpx.no	Full pris	Vekselretter, krympestrømpemerker for Brother skriver.
Skruvat.no	Full pris	Temperatur og trykksensorer

Utstyret har i hovedsak blitt levert gjennom post systemet. Girkassen kom med egen speditør. Varene fra leverandører i Sandefjord og Larvik er hentet personlig.

1.4 Resultat

1.4.1 Produktets funksjon og virkemåte

Produktets funksjon er fysisk sett i enkleste form å omdanne energi i form av luft og diesel til varme og luft i bevegelse.

Virkemåten er at dieselmotoren omdanner væske (diesel) og luft i forbrenning til en roterende kraft på motorakselen med en spesifikk hastighet. Den roterende kraften overføres via kileremmer og variator til girkassen. Variatoren endrer hastigheten på kileremmen i forholdet for remhjulsdiameter for inngående og utgående kilerem. Girkassen endrer dreieretning på den roterende kraften og senker hastigheten på utgående aksel med forholdet 1,24:1. Den roterende kraften på akselen fra girkassen overføres til viften som er montert på akselen. Viften suger inn luft i senter av viften og via sentrifugalprinsippet komprimerer og slynger luften ut av siden på viften. Avgitt varme fra motor og drivlinje følger luften inn i viften og ut i tørkeanlegget. Eksosgasser føres via avgassystemet ut av viftehuset og vekk fra viftens innsugsområde.

Virkningsgraden for hele systemet er svært god. Vi har ikke konkrete verdier for komponentene, men kan anslå virkningsgrad for dieselmotor til å være 0,37, variator til 0,88 og girkasse til å være 0,95. Effektbehovet for viften er 18kW. Tilført effekt i form av diesel blir da 56kW som gir et dieselforbruk pr. time på 5,6 liter. Når anlegget er i drift ønsker vi å gjøre målinger på dette for å verifisere og optimalisere dieselforbruket. Effektivt vil 38kW være energitap i form av varme fra forbrenningsprosessen i dieselmotoren og friksjonsvarme fra variator og girkasse. Denne varmen brukes i luften for å forbedre tørkeprosessen. Det er kun energitapet i eksosen som ikke benyttes i prosessen. Vi ønsker å bestemme avgitt eksosenergi ved å måle eksosgasshastighet og eksogasstemperatur ved normal drift for å fastslå den total virkningsgraden.

Overvåking og styring av motor, variator og vifte utføres av et automatisert PLS system, men kan også kjøres manuelt via vribrytere. Motoren kan startes ved hjelp av ett kontrollpanel eller meldinger som sendes til maskinen. Maskinen vil starte og gå til forhåndsinnstilte parametere. Når maskinen er i drift kan turtalls parametere på vifte og motor justeres på ett HMI panel. Maskinen er utstyrt med varslingsorganer som lyd og lysvarsling, det er også logging av feil og feilvarselmelding i form av SMS. Maskinen er

1.4.2 Oppstart og idriftsettelse

Når produktet overleveres oppdragsgiver er den testkjørt og grovkalibrert. Enheten settes på plass med kran og løftestropper festet til løfteørene i rammen. Man bruker løftestropper med lengde 4m og bruddlast på 10 000N. Det skal brukes sjakler mellom løftestropp og løfteører på rammen. Sjaklene skal være godkjent for løft og dimensjonert for minimum 500kg bruddlast.

Rammen plasseres på betonggulv i ønsket posisjon. Det merkes i gulvet for innfesting med 4 stk ekspansjonsbolter gjennom hull i hjørnene av rammen. Enheten løftes av gulvet igjen og settes ved siden av det oppmerkede området. Deretter borer man de fire hullene i betonggulvet med 16mm murbor, 100mm dype. I hullene settes det ned 16x140mm ekspansjonsbolt. Enheten løftes så tilbake på plass og settes ned på de fire ekspansjonsboltene og festes med skive og mutter.

Midt på langsiden av rammen er det tilkoblingsstusser for tilførsel og retur av diesel for ekstern dieseltank. Ved dieseltilkoblingen er det også koblingsboks for ekstern tilførselspumpe for diesel, analog nivåsensor og nivåalarmsensor. Se vedlegg 4, Skjemategning for elektrisk anlegg, for tilkobling.

Luftkanal monteres fra vifteutløp til korntørkeanlegg.

Før oppstart må man sørge for diesel frem til motoren. Motor er testkjørt slik at filter og dieselpumpe på motoren er full av diesel. For at det ikke skal bli luft i dieselsystemet må det trekkes frem diesel frem til motoren fra ekstern dieseltank. Dette gjøres med håndpumpen på siden av motoren mot batteripakken. Pumpen

betjenes til man hører diesel sirkuleres tilbake i returrøret. Alternativt kan man fra styrepanelet kjøre ekstern dieselpumpe til man hører retursirkulasjon (tilleggsapplikasjon).

Anlegget startes så i manuell driftsposisjon med panelet innvendig i styreskapet for å se at motor starter som den skal og ikke har fått luft i dieselsystemet. Hvis motor ikke starter etter 3 startsekvenser med gløding og 30 sekunders start / hvile intervall, må man iverksette lufting av dieselsystemet. Luftingen utføres ved å løsne to lufteskruer på dieselpumpen, deretter kjøre startmotoren til det renner ut ren diesel. Feste skruene igjen og prøve ny start sekvens. Om dette ikke lykkes kan man løsne det fjerde diesel høytrykksrøret fra dysen for å luften ut høytrykkssiden av pumpen. Gjenta øvrig prosedyre og ny startsekvens. Ved problemer, ta kontakt med prosjektgruppen.

Når motor starter og går som den skal kan man stoppe anlegget og slå over bryter til auto. Anlegget kan da startes fra styrepanel eller fjernstartes fra mobiltelefon.

1.4.3 Service og vedlikehold

Anlegget har noen få service- og vedlikeholdspunkter. Daglig vedlikehold omfatter kontroll av kjølevæsknivå på radiator, kontroll av motoroljenivå, kontroll av dieselnivå i ekstern tank og innpressing av fett i friløpskobling, åpent aksellager og variatorlager.

Daglig vedlikehold omfatter også visuell og fysisk kontroll av hele maskinen for å se etter lekkasjer, slitasje på remmer og varmgang eller slark i lager. Anlegget brukes intensivt i en periode i året. Kornhøsten er gjerne fra i midten til slutten av august.

Servicepunktene gjøres en gang pr. år i forkant av sesongen, dvs i juli hvert år. Alle væsker og filter byttes. Motorolje, kjølevæske, girolje, diesel filter og oljefilter. I sammen med servicepunktene gjøres også punktene for daglig vedlikehold.

Se vedlegg 9, prosedyreskjemaer.

1.5 Drøfting/diskusjon

1.5.1 Kraftkilde

Prosjektet oppdrag har vært å lage en korntørkevifte basert på dieselmotor som kraftkilde. Hvis ikke kraftkilden hadde vært konkretisert i oppdraget kunne man ha sett på ulike kraft- / drift kilder.

Ren elektromotor drift ville gitt en vesentlig enklere installasjon. Elektromotoren ville vært montert på hyllen som girkassen står nå med viften montert rett på motorakselen. Det ville ikke vært behov for rammen, girkassen med friløpskobling, variatoroverføringen og dieselmotoren. Dreieretningen på elektromotoren hadde enkelt latt seg tilpasse vifteretningen med å koble om to av fasene på tilførselsledningen. Vifte hastigheten kunne varieres med en forankoblet frekvensomformer. Styre skapet kunne vært forenklet til kun panelet på frekvensomformeren som overvåker elektromotoren. Totalt sett en svært mye enklere installasjon og til dels mindre kostbar. Problemet er kun når man ikke har tilgang på strøm til anlegget. Viften er definert fra leverandør for motor med minste forankoblet sikring på 63A 3fas 400V. E-verket leverer kun 230V 3 fas i området og det ville tilsi sikring på 80A. Stikkledningen og inntaket for gården måtte bygges om, samt stiger og sikringsskap for låven. Abonnementet hadde endret seg fra privat til næring og man hadde betalt for effektledet av korntørkeviften hele året selv om den bare er i drift i 14 dager. Vi har ikke konkret satt opp kostnadsoverslag for ombygging av elektroanlegget.

Diesel elektrisk drift ville gitt en hybrid løsning mellom dieseldrift og elektrodrift. Dieselmotoren hadde drevet en generator som ga kraft til frekvensomformer og motor. Man ville ha sluppet variator og girkasse, men måtte fortsatt hatt styreskap for motor og ramme. Måtte også hatt frekvensomformer. Totalt sett en kostbar og omfattende løsning.

En løsning som vi ikke har sett på, men som er aktuell er konvertering av dieselmotoren til gassdrift eller gass/diesel drift. Utredning av dette er svært aktuell som et forbedringsprosjekt i ettertid da for eksempel kombinert gass og dieseldrift

kan gi bedre forbrenning, lavere forbruk, bedre kraft, lavere utslipp og ikke innebærer ombygging av dieselsystemet ihht Autogass AS, <http://www.agass.no>.

1.5.2 Kraftoverføring

Kraftoverføringen vi valgte var variatorløsningen som oppdragsgiver spesifiserte. Løsningen er forholdsvis enkel i teorien men krever et nøyaktig forhold mellom remlengde, remhjulsavstand, variatorslaglengde og remhjulsgeometri. I og med at variatorkileremmer finnes kun i begrensede lengder, så måtte vi tilpasse remhjulsgeometrien til kileremslengdene. Det var utfordrene i praksis. Fordelen med variatorløsningen er at man har mulighet til å finjustere hastighet under drift. Vi kunne valgt en enklere løsning med direkte drift fra motor til girkasse med kilerem eller kjede. Utvekslingen kunne forhåndsbestemmes ut ifra størrelsen på begge remhjulene. Denne løsningen ville ikke gi noen justeringsmuligheter.

Utfordringen med feil dreieretning mellom motor og vifte løste vi med en enkel girkasse. Girkassen består av to tannhjul som løper i hver sin retning. Alternativt kunne man brukt en litt eldre løsning med kilerem med dobbelkile i åttetallsform. Det var ofte brukt på gamle maskiner for blant annet landbruk. Imidlertid fungerer ikke dette på variatorrem, men på direktedrift kunne det fungert. Det hadde vært den klart enkleste måten å overføre høyroterende kraft fra motor til venstreroterende kraft for viften.

1.5.3 Styring, overvåking og sensorer

For styringen så valgte vi to separate systemer; et system for manuell drift og et system for automatisk drift. Årsaken var at vi ønsket primært at anlegget skulle være automatisert men hensynet til driftsikkerheten og muligheten for tapt kornavling ved driftsavbrudd gjorde at vi konstruerte et manuelt system parallelt. Alternativene for styring er mange og vi valgte å legge alle styringsalternativene vi hadde både til den manuelle og automatiske styringen. Det omfatter start og stopp, gløding, inn og ut for aktuator for gasspådrag og variator. For overvåkingen valgte vi kun indikering av oljetrykk og vanntemperatur for den manuelle styringen og mer presis nivåavlesning

for den automatiske styringen. Vi valgte separate sensorer for manuell og automatisk overvåking.

Type sensorer vi brukte kommer fra bil og landbruksbransjen. Disse sensorene har ingen bakgrunnsdata på virkemåte, oppbygging og måleverdi. Til gjengjeld er de svært rimelige. For å ha bedre kontroll på dataene for sensorene kunne vi ha valgt industrisensorer. Disse er fullspesifisert fra leverandør og er enklere å ha kontroll på. Dessverre er de litt store i fysisk størrelse og vanskelig å få til å passe på en liten dieselmotor. De er også dyrere i innkjøp.

1.5.4 Merking

For maskinens merking valgte vi å bruke Statsbygg's TFM system. Det er ikke noe regelverk som tilsier en type merking eller en annen, kun at individuelle ledere i det elektriske systemet skal kunne identifiseres i koblingspunkter, ihht EN 606204-1 Maskinenes elektrisk utrustning del 1: generelle krav.

Vi valgte også å merke komponenter for vedlikehold. Det gjøres ofte i industrisammenheng, men ikke så mye i landbruket.

1.6 Konklusjon/oppsummering

Prosjektgruppen er godt fornøyd med kvaliteten på produktet og at spesifikasjonene fra oppdragsgiver er innfridd. Alle komponenter på maskinen er dimensjonert for kontinuerlig drift i tørkesesongen.

Maskinen er kompakt innenfor oppgitte fysiske mål og montert på en solid stålramme som kan løftes med løftestropper.

Motor, sentrifugalvifte og variator som ble levert av oppdragsgiver er benyttet i prosjektet.

Turtall på motor og vifte kan reguleres individuelt fra styrepanel. Med hjelp av Linak AS utarbeidet gruppen en løsning med elektriske lineære aktuatorer for styring av dette.

Utfordringen med feil dreieretning ble løst med en enkel og kompakt flens reduksjonsgir.

Maskinen har egen energikilde for oppstart og fungerer uten tilknytning til strømnett.

Maskinen har et styrings og overvåkingssystem som dekker turtall for motor og vifte, temperatur og trykk for olje og kjølevann, samt et system for manuell drift.

Budsjettramme på kr. 60 000,- eks. MVA inklusiv sentrifugalvifte ble overskredet med ca 10 000 kroner. Årsaken var i hovedsak kostnaden for girkassen.

Prosjektet er dessverre ikke komplett ferdig til skoleslutt. Dokumentasjonen er ferdig, men selv produktet; dieseldrevet korntørkevifte er ikke helt ferdig. Prosjektgruppen har søkt Fagskolen Tinius Olsen om utsettelse på inspeksjonsfristen.

2 Prosessen

2.1 Referat fra arbeidet.

Her gjengis hovedtrekkene i prosjektgruppens arbeid. For ytterligere detaljer henvises det til arbeidslogg, vedlegg 10 og prosjektmøtereferater, vedlegg 11.

Prosjektgruppens sammensetning ble videreført fra Prosjekt i praksis i tredje studieår. Maskinens ramme var resultatet av det treningsprosjektet. Fagskolen godkjente prosjektet som et 2 årig prosjekt.

Prosjektet startet i september 2014 med utarbeidelse og innlevering av sjekkliste for oppstart av prosjektet. Sjekklisten er Fagskolens grunnlag for den endelige godkjenningen av prosjektet. Gruppen hadde fått muntlig klarsignal fra skolen til å starte arbeidene. Parallelt med arbeidet med sjekklisten gikk vi i gang med montering av hovedkomponentene på rammen. Rammen med hovedkomponentene ble flyttet inn i et oppvarmet lokale slik at gruppen kunne arbeide vinterstid.

November og desember 2014 ble benyttet til prosjektering, løsningsvalg og vurderinger knyttet til styring og overvåking, samt utfordringen knyttet til feil dreieretning. I samme periode utarbeidet vi en forprosjektrapport med dette som hovedtema som ble innlevert i januar 2015.

I februar ble arbeidsavtale signert med Holmestrand Videregående Skole for maskinering av nødvendige deler til maskinen. Variator ble levert til skolen for overhaling. Skolen fabrikerte deler til girkassefeste. Arbeid med el skjemaer ble påbegynt. Motorens eksterne deler ble byttet slik som filter, startermotor, dynamo, vannpumpe, termostat.

I mars gjennomførte vi prøveoppstart av dieselmotor, monterte styreskap på rammen, monterte utstyr i styreskap og designet lagerfeste for remhjulsaksel.

I april startet arbeidet med programmering av PLS og HMI panel. Parallelt jobbet vi med det elektriske anlegget på maskinen, med hulltaking i rammen, rørtrekking og tilkobling av utstyr. Dette arbeidet fortsatte ut i mai.

I mai og juni jobbet vi også med prosjektrapporten og slutføring av vedlegg.

2.2 Planlegging:

2.2.1 Tidsbruk

Gruppen startet prosjektarbeidet med å lage en fremdriftsplan for hele prosjektet oppdelt i faser, se vedlegg 12, fremdriftsplan. Første fase var planlegging, så kom prosjektering, deretter skulle vi gjennomføre produksjonsfasen, og til slutt skulle vi gjøre en rapporteringsfase. Hver fase ble avsluttet med en milepælsdato. Parallelt med prosjektfasene skulle vi ha løpende prosjektmøter, ett hver uke, for å følge opp aktivitetene. I all hovedsak så fulgte vi hovedlinjene i fremdriftsplanen, produksjonsstart og milepælene med noen mindre avvik og justeringer. Utfordringen ble etter hvert å holde sluttdatoen.

Det er klart at tidspresset mellom jobb, familie, skole og prosjektoppgave gjorde at noen prioriteringer måtte gjøres og at ikke alltid prosjektoppgaven vant. De første månedene hadde gruppen ganske god kontroll på tiden og ressursbruken, men allerede i slutten av mars var den stipulerte tiden brukt opp. Opprinnelig ble det avsatt ca 320 timer til prosjektet. Dette overskred vi med 250 timer. Mye av tiden gikk bort til utfordringene med som for eksempel feil dreieretning på vifte i forhold til motor, for lite styre skap, bestilling og anskaffelse av deler, noen av delene passet ikke som tenkt. Men mye av tiden gikk også til at dokumentasjonen og byggingen av viften i seg selv var mer tidkrevende enn forutsatt. Gruppen hadde heller ikke de nødvendige ressursene som skulle til for å programmere avanserte funksjoner i PLSen og måtte tilegne seg denne kunnskapen. Noe av delene TIP Holmestrand skulle produsere var så komplekse at VG1 elevene ikke kunne ferdigstille disse. Gruppemedlemmene fikk tilgang til verkstedene på skolen og kunne ferdigstille disse delene.

Gruppen har hatt jevnlig prosjektmøter, hyppig telefonkontakt og jevnlig arbeidsdager som er dedikert til praktisk arbeid.

Ved tidsplanleggingen i starten av prosjektet var ikke gruppen oppmerksomme nok på øvrige arbeidskrav fra Fagskolen for vårperioden 2015. I denne perioden har

praksis vist at det kom betydelige arbeidskrav i forbindelse med store innleveringer og prøver i andre fag. Dette forstyrret arbeidsprosessen i prosjektet. Gruppen hadde ikke arbeidsmessige ressurser til å opprettholde fremdriften i prosjektet på ønsket nivå.

Samlet sett har arbeidskrav fra jobb og øvrige fag gjort at det følelsemessige overskuddet til å jobbe med korntørkeprosjektet er blitt redusert.

2.2.2 Plan for arbeidet

Gruppens arbeid er fordelt så likt som mulig vurdert ut i fra medlemmenes interesser, arbeidskapasitet og nærhet til maskinen. Vurderinger gjøres i fellesskap og beslutningen utføres av de enkelte gruppemedlemmene. Gruppens ønske var at begge gruppemedlemmene skulle føle delaktighet og eierskap til prosjektet.

For å formalisere samarbeidet innad i gruppen satt vi opp en samarbeidsavtale, se vedlegg 13. Likedan lagde vi en arbeidsavtale med Holmestrand Videregående Skole, se vedlegg 14.

Hovedinndelingen av arbeidet og ansvaret er slik:

Prosjektleder, Erik Løvmo

- Idemyldring, vurdering og prosjektering
- Arbeid på maskinen
- Bestilling og henting av deler
- Økonomioppfølging
- Elektrisk anlegg
- Programmering av HMI panel
- Leverandørkontakt, sponsorat
- Detaljfremdriftsplanlegging

Produksjonsleder, Jan Erik Rismyhr

- Idemyldring, vurdering og prosjektering
- Arbeid på maskinen

- Maskinering av deler med elever ved HVGS
- Programmering av PLS
- 3D tegning og produksjonstegning
- 3D printing av modell.
- Styrkeberegning
- Hovedfremdriftsplanlegging

Arbeidsinndelingen har fungert bra, med høyt engasjement hos begge medlemmene.

Rekkefølgen av oppgavene har kommet naturlig i prosjektet, men flere oppgaver har gått parallelt hele tiden. Vi startet med de grove mekaniske arbeidene som ramme, motor, gir, variator og innfestinger. Deretter gikk vi over til mindre mekaniske arbeider som braketter, akselhylser, overganger for sensorer, hulltaking i ramme, lakkering av deler. Til slutt utførte vi arbeidet med det elektriske anlegget, kabel og rørtrekking, kobling, merking, programmering og rapportering. Underveis gjennomførte vi prosjektmøter og statusfremføringer på fagskolesamlinger.

Rekkefølgen av arbeidet har fungert bra. Et slikt prosjekt må bygges stein for stein fra bunnen.

Prosjekt- og fremdriftsplanleggingen i starten av prosjektet var overordnet. Detaljene var ikke klare for hvert element på maskinen slik at timeestimatene ble basert på vurderinger om omfang og kompleksitet. Detaljplanleggingen videre i prosjektet har basert seg på hvilke oppgaver som må utføres for å komme videre. Det vil si en mer behøvs prøvet planlegging.

Denne formen for planlegging har ikke vært optimal. Planleggingen burde vært mer konkret og med mer ferdige detaljer i forkant av det praktiske arbeidet. Det har ført til at arbeidet blir mer komplisert, tar lenger tid og stadig stopper litt opp fordi utstyr eller komponenter mangler eller design ikke er ferdig. Samtidig er det svært tidkrevende å planlegge en fullskala prototype i hver minste detalj fordi man må finne alle disse detaljene selv. Det ville vært vanskelig å ha tid til en komplett detaljert planlegging selv om byggingen etterpå kunne vært enklere. Enkelte design aspekter er også vanskelige å bestemme utelukkende teoretisk, man må også se løsningen i praksis

for prøve om den virker. Variator-, gasspådrag- og stoppløsningen var slike elementer. Detaljplanleggingen og det praktiske arbeidet burde vært startet tidligere i prosessen.

Som det kommer frem av arbeid og timeloggen har det ikke vært spesielt mye skjevfordeling, det faller imidlertid seg naturlig at gruppens leder har noe flere arbeidstimer på maskinen siden den står hjemme hos han.

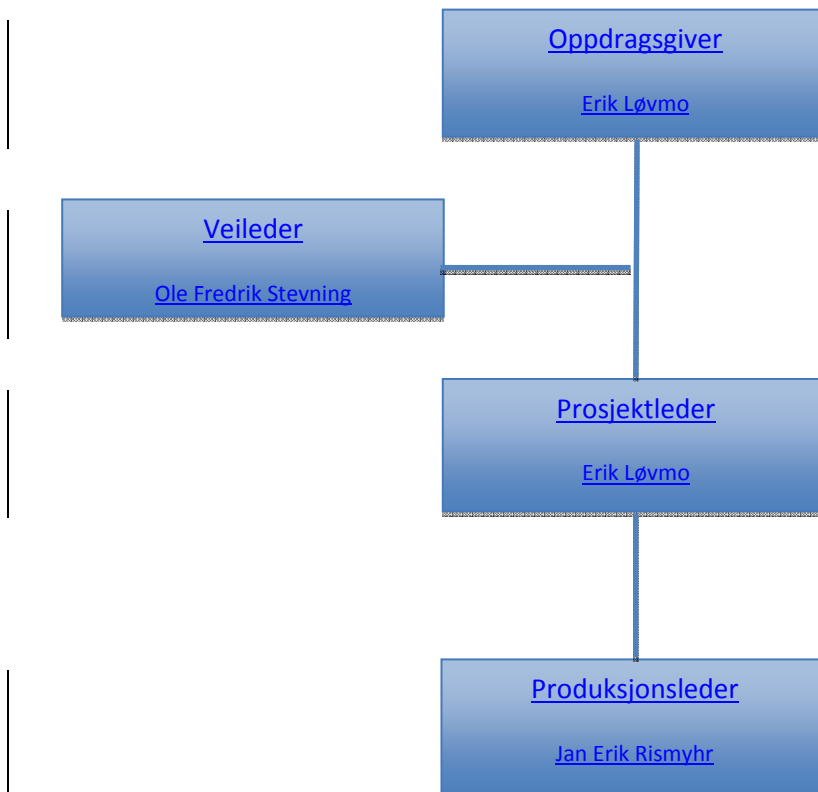
2.2.3 Gruppeledelse

Gruppas ledelse er hierarkisk oppbygget, men har praksis en forholdsvis flat struktur. Prosjektgruppa ønsket denne lederstilen siden vi bare var to medlemmer, for at begge medlemmene skulle være likeverdige i arbeidet og føle eierskap til prosjektet. Siden det ene gruppemedlemmet også er oppdragsgiver var det naturlig at endelig avgjørelse for enkelte designmessige aspekter ble gjort av han. Ledelsen av gruppa har fungert godt, og medlemmene er tatt med på og deltatt i diskusjoner med godt engasjement og åpent sinn.

Gruppemedlemmenes ansvarsområder er på samme måte som inndelingen av arbeid, se kap. 2.2.2. Plan for arbeidet.

Prosjektgruppen er liten, kun 2 personer, det gjør at det er lite spillerom for å gjøre endringer i arbeidsinndelingen og / eller ansvaret. Om et av gruppemedlemmene er opptatt med jobb, annet skolearbeid eller familieforpliktelser er det vanskelig å overta eller deligere arbeidet. Det fører til at arbeidet blir utsatt. Prosjektgruppen kunne vært 1-2 personer flere for å bedre arbeidskapasitet. Da kunne også lederstilen vært noe mer hierarkisk.

Prosjektorganisasjonen



2.3 Kommunikasjon

Kommunikasjonen i gruppa har mellom medlemmene hovedsakelig foregått muntlig med likeverdige roller. Prosjektmøtene har blitt referatført med korte beskrivelser av punktene og felles arbeidsøker har blitt referatført. Kort beskrivelse av enkle arbeidsøker er ført i timeloggen. Ved noen anledninger har arbeidsloggen ikke blitt ført fortløpende.

Kommunikasjon mot oppdragsgiver har vært en del av gruppekommunikasjonen siden prosjektleder også er oppdragsgiver. Her har kommunikasjonen kun vært muntlig med likeverdige roller.

Mot skolen har en del av kommunikasjonen vært skriftlig i form av oversendte referater og e-poster med skriftlig tilbakemelding fra skolen på e-post. En annen del har vært muntlig i form av samtaler og veiledning med lærere fra skolen. Vi har hatt spesialundervisning med flere lærere på fagfelter vi var usikre på, slik som virkningsgradberegning med Tommy Hvidsten og Lars Harald Heggen, oppbygging av nødstopps funksjoner og fremgangsmåte og oppbygging av PLS programmering med Harald Hals og tegningsdokumentasjon med Per Anton Hansen.

Kommunikasjonen mot skolen har hatt preg av lærernes overordnede rolle og studentens underordnede rolle.

Kommunikasjon med leverandører har foregått både skriftlig på e-post og muntlig på telefon. Ordrebekreftelser har kommet skriftlig som vedlegg til e-post. Rollene har vært likeverdige med sterkt faglig innhold. I e-post har kommunikasjonen det ved noen anledninger tatt en del tid (flere dager / uker) å få svar, selv med purringer.

Kommunikasjonsmetodene og rollene som er brukt faller naturlig i de ulike situasjonene og er allment akseptert i samfunnet. Skriftlig kommunikasjon i form av formelle brev er ikke benyttet i prosjektet.

Referatføringen fra prosjektmøtene kunne vært mer utfyllende for hvert punkt slik at utenforstående enklere kunne oppfatte innholdet. Hadde prosjektet hatt større bredde kommunikasjonsmessig med flere parter involvert som ekstern oppdragsgiver med flere involverte personer og eksterne samarbeidspartnere med flere personer ville det vært nødvendig. Vårt prosjekt hadde en relativt liten kommunikasjonsplattform hvor alle var kjent med punktene, så vi anså at beskrivelsen i referatene kunne være korte.

Kommunikasjonen med oppdragsgiver kunne vært mer skriftlig. Selv om oppdragsgiver og prosjektleder er samme person burde viktige anbefalinger fra gruppen og viktige beslutninger fra oppdragsgiver være gitt skriftlig. Det kunne gitt et mer oversiktlig administrativt bilde av prosjektet. Tidspresset i prosjektet har ført til at det var vanskelig og ikke prioritert.

Kommunikasjonen med skolen og prosjektets leverandører har fungert godt.

2.4 Ressurser

Gruppen fikk et prosjektbudsjett av oppdragsgiver på NOK 60 000,-. Dette skulle dekke kostnader for deler, gass til brenning, skjæreutstyr, lakk for overflatebehandling, ledninger, skap og andre vitale deler. Eventuelle reiseutgifter for gruppens medlemmer dekkes ikke.

Under sammenstillings prosessen har det dukket opp deler og annet utstyr som gruppen har anbefalt oppdragsgiver å se nærmere på, det kan ha vært motor deler som anbefales og bytte ut og andre løsninger som vurderes bør vurderes fortløpende, men gruppen har ikke greid å holde budsjettet på grunn av disse ønskede endringene. Det totale regnskapet endte på ca 70,000 kr og gruppen er tilfreds med det. Se vedlegg 15, Prosjektregnskap.

Gruppens faglige kompetanse er betydelig med ca 40 års samlet yrkeserfaring, både teoretisk og praktisk innenfor feltene i prosjektet. I tillegg kommer bakgrunn fra studiene ved Fagskolen Tinius Olsen de siste 4 årene. Oppdragsgiver har også 15 års erfaring fra jordbruksdrift.

I planleggingsfasen delte gruppen opp prosjektet i ansvarsområder og fordelte disse etter ønsker og evner til gruppemedlemmene. Medlemmene i gruppen kjente hverandre fra før, noe som gjorde denne ansvarsfordelingen enklere. For god relasjon mellom prosjektdeltakerne kan i noen tilfeller føre til tilbakeholdenhet og irritasjon. Men dette synes ikke å ha vært tilfelle innad i gruppen.

Linjen Teknisk Industriell Produksjon Vg1 (TIP) ved Holmestrand videregående skole har vært en viktig ressurs i produksjonsarbeidet. Gruppen inngikk en skriftlig avtale vedrørende produksjon av deler noe av dette falt utenfor skolens kompetanse men stilte verkstedet til disposisjon så gruppemedlemmene kunne ferdigstille prosjektet. Skolen skulle forstå detaljarbeidet, sammenstillingen, sveising og overflatebehandling og holde seg til gjeldende toleranser på mottatt produksjonsunderlag.

Fordi prosjektgruppen kun vært to deltagere har vi ikke hatt noen reservekapasitet. Slik at når vårsemesteret medførte betydelig større arbeidskrav fra andre fag en vi

var klar over i planleggingsfasen i høstsemesteret hadde vi ikke arbeidsressurser nok i gruppen til å opprettholde ønsket målsetting om ferdigstilling av det fysiske produktet. Vi prøvde å kompensere med å ta fri fra jobb men kom likevel ikke helt til ferdigstilling. Vi erkjente dette utfallet litt sent. Skolen anbefalte minimum 3 deltakere på prosjektene og det hadde nok vært hensiktsmessig. Vi hadde også en kandidat nr 3 i tankene for gruppen, men denne ble syk og sluttet underveis i studiet. Skolen burde også informert nøyere om de betydelige arbeidskravene i el. installasjon for vårsemesteret med innleveringer og hovedoppgave med ca 100t arbeidsinnsats. I mekatronikk 14/15 hang vi igjen med seks forskjellige fag, pluss hovedprosjektet, noe som var lite hensiktsmessig for hovedprosjektets del. Gruppen hadde lite samkjørte timer på samlingene og måtte jobbe mye selvstendig.

Gruppen hadde et felles ønske om å gjøre produktet så ordentlig som mulig fordi det skal gå i kontinuerlig sesongdrift og ha en levetid på flere 10år. Vi ønsket derfor ikke å ta noen snarveier verken på løsninger, egnethet, konstruksjonsmessig styrke eller arbeidsmessig kvalitet. Avslutningen på prosjektet med oppkobling av det elektriske anlegget og programmering av PLS ble derfor skjøvet foran oss tidsmessig og det ble for lite tid igjen til ferdigstilling til frist for innlevering av rapport til skolen.

2.5 Læringsutbyttet

Deler av teksten i dette kapitlet er i sitert fra Oppsummeringsnotat, 2015, Dieseldrevet korn tørkevifte, Erik Løvmo og Jan Erik Rismyhr.

Prosjektet har vært meget omfattende og har hatt elementer fra de fleste praktiske og teoretiske fagene innenfor elkraft og mekatronikk.

Prosjektstyring har vært et meget viktig fag for prosjektet. Fremdriftsplanlegging og oppfølging har vi brukt i praksis gjennom hele prosjektet. Vi har en overordnet fremdriftsplan med tildeling av ressurser og jevnlig prosjektmøter hvor detaljene i prosjektet blir planlagt og satt i system. Det omfatter viktige beslutninger, løsninger og fremdrift. Vi har sett underveis i prosjektet at man ikke har klart å holde alle fristene som ble satt og da har det vært viktig å gjøre vurderinger og prioriteringer blant oppgavene, også mellom gruppemedlemmene, for å klare den overordnede

fristen. Vi innså tidlig at vi måtte fordele oppgavene mellom prosjektmedlemmene for å klare arbeidsmengden. Begge kunne ikke gjøre eller være med på alt.

Økonomistyring har vært et viktig aspekt ved vurderinger, valg og innkjøp av komponenter og utstyr. Ofte henger pris og kvalitet sammen, hvor lav pris gjerne gir tilsvarende lav kvalitet. Eksempelvis var stopp solenoiden for dieselpumpen som vi prøvde på bakgrunn av pris ikke egnet på grunn av høy driftstemperatur (82°C). Vi måtte da velge en dyrere solenoid i stedet som prosjektet fikk sponset av Auto-Maskin AS.

Markedsføring har vært mindre sentralt i prosjektet siden produktet ikke skal selges i utgangspunktet. Men likevel kan man si at markedsføring av prosjektet har gitt oss innpass hos store kommersielle aktører som Siemens Automation & Drives og Linak. Vi hadde mange gode og konstruktive samtaler og mailkommunikasjon med disse som da resulterte i sponsorat for PLS styrings system med HMI panel og softwarepakke og elektriske lineære aktuatorer. Dette er kostbare komponenter og avtalene gjorde at vi kunne velge løsninger som ut ifra en ren økonomisk vurdering ville vært utfordrene å få til.

Organisasjon og ledelse har vært sentralt i prosjektet gjennom organiseringen og tilegningen av de ulike oppgavene mellom gruppemedlemmene. Vi har lagt vekt på fokusere på medlemmenes interesse, fagkunnskap, arbeidskapasitet og studieretning ved organiseringen og oppgavetilegningen. Vi ønsker at dette prosjektet skal bli svært bra og da er det nødvendig å fokusere på hverandres sterkeste egenskaper og ha en positiv holdning gjennom arbeidet i prosjektet. Tverrfagligheten i prosjektet har gitt oss innblikk i hverandres fagområder og hvordan disse må spille sammen for å nå et felles mål.

Norsk og engelsk har vært i stadig i bruk i prosjektet. Norsk gjennom referatføring, utarbeidelse av rapporter, prosjektfremføringer. Jeg vil gjerne trekke fram min utvikling i prosjektfremføring som har vokst fra å være kvalmene nervøs til å nærmest se frem til å stå foran publikum og gjøre fremføringene. Det underbygges også av de gode tilbakemeldingene og den konstruktive kritikken vi har fått gjennom studietiden.

Engelsk har vært viktig for øke forståelsen av språket i manualer og datablader for komponenter og utstyr vi har sett på og vurdert underveis.

Matematikk, fysikk og kjemi er basisfag som alltid ligger i bakgrunn for andre fag. Skolen har på god måte gjennom undervisningen i første året igjen vekket interessen for fagene slik at man ikke er redd for å se på kompliserte beregninger og utfordringer. Gjennom faget konstruksjonsteknikk og kjemi har vi blant annet gjort virkningsgradsberegninger gjennom hele energikjeden fra tilført diesel til avgitt luftmengde. Vi har gjort vekt, statikk- og momentberegninger (mekatronikk) og regnet på kortslutningsstrøm, ledningsevne og gjennomsluppet energi i ledninger.

Prosjekt i praksis var en meget god erfaring å ha med seg inn i hovedprosjektet. For oss var det starten på prosjektet og vi konstruerte og fikk laget stålrammen for hovedkomponentene. Vurderingene gjort vedrørende rammen har vist seg riktige og det har ikke vært behov for modifikasjoner på konstruksjon senere i prosjektet. Sentrale vurderinger var vibrasjonsmotstand for motor, variator og vifte, rammestørrelse og komponentplassering, kapasitet for kabelføringer og tilkomst for servicepunkter, samt ytre målkrav fra oppdragsgiver.

Tegning og dokumentasjon er svært sentralt fag i prosjektet. Hele den mekaniske delen av prosjektet er tegnet i 3D i Autodesk Solid Works. Ut ifra 3D tegningen er det generert sammenstillingstegninger av hver komponent som skal lages.

Stålkomponenter som skulle brennes ut automatisk på datastyrt brennebord ble delene lagt inn i Autodesk AutoCad. Programmet ble også benyttet til enkle skisser før inntegning i 3D. 3D tegningene er overført til målsatte og toleransesatte 2D tegninger, på sammenstillingstegningene får du lett oversikt over maskinen og delene som den inneholder. For elektroanlegget er det benyttet Autodesk AutoCad for blokkdiagram, arrangementstegning, flerlinjeskjemaer, rekkeklemmertegning og kabelliste.

Mekatronikk-design og produksjon faget har gitt oss innblikk i CAD/CAM og utvikle kunnskapen i praksis i den grad at vi kunne skjære ut delene vi hadde designet i AutoCad.

I mekanikkfaget har bidratt til at vi kunne lastberegne enkle konstruksjoner, de mer komplekse konstruksjonene har vi brukt datasimulering for å se kreftene i konstruksjonene for å ta en vurdering om delene vil holde mål.

Elektrisk maskiner og omformere har bidratt med innsikt i batteri teori om indre motstand og kortslutningskapasitet, samt spenningsfall ved store startstrømmer. Dette gjorde at vi valgte å etablere to ulike batterikilder for motorstart og styrestrøm for å unngå spenningsfall på styresystemet og potensielt avbrudd av PLS styringen ved oppstart.

Automatiserte anlegg / Automasjon har vært helt sentralt i prosjektet i design av styringssystemet og el anlegget. Programmering av PLS og HMI panel, design av nødstoppsfunksjon og valg av sensorer. Vi har benyttet sensorer for varme, trykk og turtall, samt posisjonering av de lineære aktuatorene. For trykk og varme sensorer valgte vi å bruke standard motor sensorer i stedet for dyrere temperatur og trykktransmittere for industrien. Bakdelen med standard motorkomponenter er et meget begrenset bakgrunnsmateriale. Det vil si at datablad som er helt vanlig og nødvendig i industrien for komponentene ikke er mulig å skaffe.

Elektriske installasjoner har gitt basiskunnskap og forståelse om kortslutningsstrømmer, ledningsevne og gjennomsluppet energi. Eksempelvis trekker startermotoren 240A og da er dimensjonering og valg av ledningen fra batteri til startermotor avgjørende.

Måleteknikk- og elektronikkfaget har gitt grunnleggende forståelse og teori om hvordan sensorer virker og påvirkes. Dette har vært til god nytte ved valg av sensorer for temperatur, trykk, turtall og hvordan disse kobles mot PLS.

IKT og excelfagene er benyttet gjennom hele prosjektet i form av prosjektregnskap, risikovurdering, rapportering og statusfremføring, fremdriftsplaner og dokumentasjon. I tillegg har teori om TCP/IP nettverk gjort oss i stand til å koble opp nettverk med switch, PC, PLS og HMI panel.

HMS og kvalitetsledelse, HMS arbeid har vært sentralt i prosjektet, vi har fått kjennskap til de strenge kravene som stilles i hos en oppdragsgiver. Vi har hatt skriftlig risikoanalyser for «større» arbeider. Underveis ble det avdekket litt slurv med verneutstyret. Dette ble fort strammet inn på igjen. Det er ikke skjedd noen ulykker eller nestenulykker under perioden. Det er en forholdsmessig stor maskin, så riktig ergonomi i forhold til bygging og videre bruk er tatt hensyn til.

I læreplanen for elkraft- og mekatronikkstudiet, Opplæringsplan for 2-årig teknisk fagskole, fagretning elektro med fordypning elkraft og fagretning TIP med fordypning mekatronikk (Fagskolen Tinius Olsen, 2013, s. 4-5), heter det:

"Gjennom studiet skal studentene utvikle:

- **Faglig kompetanse**, som de skal bygge på og videreutvikle i sitt arbeid som fagskoleingeniør. Dette skjer gjennom å planlegge, lede og kontrollere egne arbeidsoppgaver og arbeid som utføres av andre i henhold til gitte krav og spesifikasjoner, hvor det reflekteres over gjennomførte oppdrag.
- **Sosial kompetanse**, slik at han/hun kan samarbeide med medarbeidere, utvikle team – lede og delta i gruppeprosesser og utvikle arbeidsmiljø som både er trygt og utfordrende og som tilfredsstiller krav til helse, miljø og sikkerhet. Sosial kompetanse er også en forutsetning for å kunne samarbeide med kolleger, ledelse og faglig miljø.
- **Ferdigheter** i å bruke IKT i lærings- og utviklingsprosesser, å beregne, kalkulere og styre økonomiske og administrative gjøremål, samt organisere, lede, dokumentere og vurdere lærings- og utviklingsprosesser.
- **Holdninger** som bevisstgjøres og synliggjøres gjennom arbeid og i relasjon med kolleger, ledelse og faglig miljø."

Vi opplever at vi gjennom studiet har fått den faglige kompetansen som trengs for å gjennomføre prosjektet selv om tidsaspektet ble krevende og gruppens arbeidsressurser på den praktiske delen ikke holdt helt til ferdigstillelse av det fysiske produktet

Den sosiale kompetansen er utviklet gjennom det tverrfaglige samarbeidet i prosjektet mellom elkraft- og mekatronikkfagene. Dette samarbeidet har vært svært interessant.

Ferdighetene i IKT som er tilegnet gjennom studiene har gitt oss muligheter til å utvikle, organisere og lede prosjektet.

Skolen har gitt oss gode holdninger for videre arbeid i næringslivet, i både offentlig og privat sektor.

2.6 Verktøy og praksis

Som prosjektstyringsverktøy har vi benyttet "Gantter" fra In Quest Technologies Inc som er et gratis web basert program. Det likner på Microsoft Project og viser et Gant diagram med arbeidsoperasjoner, tidslinje, avhengigheter og tildeling av ressurser og kostnader. Ved å koble aktiviteter sammen kan man se hvilke som er kritiske for fremdriften og den endelige sluttdatoen.

Til teknisk tegning har gruppen benyttet AutoCad educational version fra Autodesk Inc som er et gratis teknisk tegneprogram for studenter. Det har mange av de samme funksjonene som fullversjonen har, men utskriften har et vannmerke som sier at det er studentversjonen som er brukt. Dette programmet gjør at vi kan tegne 2D produksjonstegninger ned til minste detalj.

Videre benyttet gruppen Solid Works 3D fra Dassault Systèmes SolidWorks Corp. Et av gruppemedlemmet kan dette programmet og gruppen valgte å benytte seg av denne resursen. Her ble 2D tegningen fra AutoCad modulert i 3D programmet Solid Works, og man kunne utføre statiske tester på delene som måtte konstrueres, med dette ville gruppen se avvik og svikt i konstruksjonen. Enkelte deler måtte vi forsterke for å tilfredsstillere gruppens strenge krav.

Arbeidspraksisen for gruppen har vært delt i samarbeid og enkeltarbeid. Gruppen har avtalt videre arbeid i prosjektmøter og jobbet hver for seg i perioden frem til neste møte. Det er ikke alltid gruppen rakk å avslutte det arbeidet gruppen avtalte i perioden, men da har gruppen gitt en ny rimelig frist. Dette kommer klart frem i prosjektmøtene.

2.7 Konklusjon

Vi ønsker å trekke frem følgende 3 punkter som vellykkede momenter i prosjektet.

- Kvaliteten på de tekniske løsningene på maskinen.
- Kvaliteten på det fysiske arbeidet på maskinen.
- Samarbeidet mellom gruppemedlemmene.

Gruppen har ikke tatt snarveier eller valgt forenklete tekniske løsningene for å kunne lage et produkt som skal være meget driftsikkert og holdbart. Derfor er det også lagt mye tid i å gjøre arbeidet kvalitetsmessig bra. Samarbeidet mellom gruppemedlemmene har fungert meget bra uten åpne og uløste konflikter.

For øvrig er det også i hovedsak 3 punkter som burde vært gjort annerledes.

- Detaljplanlegging burde vært gjort bedre og med mer tid til rådighet.
- Gruppen burde hatt større arbeidsressurser.
- Det fysiske produktet ble ikke ferdig til inspeksjonsfristen.

Med mer arbeidsressurser i gruppen kunne detaljplanleggingen ha vært utført tidligere og i forkant av produksjonen. Det er beklagelig at det fysiske produktet ikke er ferdig til avtalt tid.

3 Vedlegg

1. Prosjektpresentasjon
2. Sjekkliste for oppstart, prosjekt – korntørkevifte.
3. Arbeidstegninger for mekanisk produksjon.
4. Skjemategninger for elektrisk anlegg.
5. Simuleringsrapport for styrkebergning av stålramme.
6. Sprengskisse – Variator
7. Forprosjektrapport.
8. Produkt datablad – weblinkskjema.
9. Prosedyreskjemaer.
10. Arbeidslogg.
11. Prosjektmøtereferat.
12. Fremdriftsplan.
13. Prosjektgruppens samarbeidsavtale.
14. Arbeidsavtale med Holmestrand Videregående Skole.
15. Prosjektregnskap.

4 Kildeliste

(Mekatronikk 2013) Studieplan for mekatronikk 2013 hentet ifra
<http://www.tinius.no/Documents/Skole/Fagskolen%20Tinius%20Olsen/Studieplaner%202013/Opl%C3%A6ringsplan%20-%20Mekatronikk.pdf>

Fagskolen Tinius Olsen (2013). *Opplæringsplan for 2-årig teknisk fagskole, fagretning elektro med fordypning elkraft*. Hentet fra
<http://www.tinius.no/Documents/Skole/Fagskolen%20Tinius%20Olsen/Studieplaner%202013/Opl%C3%A6ringsplan%20-%20Elkraft.pdf>

Jan Erik Rismyhr. (2015). *Oppsummeringsnotat 2015, Dieseldrevet korntørkevifte*, Fagskolen Tinius Olsen

Erik Løvmo. (2015). *Oppsummeringsnotat 2015, Dieseldrevet korntørkevifte*, Fagskolen Tinius Olsen

Stevning. (år ikke oppgitt, side mangler). *3NEL – Automasjon, Sensorer*. Fagskolen Tinius Olsen

Forskrift om maskiner (2009). Forskrift om maskiner. Hentet fra
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-05-20-544?q=forskrift+om+maskiner>

Normkomite NK64. (2014). *NEK 400:2014 Elektriske lavspenningsinstallasjoner*. Norsk Elektroteknisk Komite

Statsbygg tverrfaglig merkesystem. Hentet fra
http://www.statsbygg.no/Publikasjoner/?PageListProxy2770_75_search=TFM&PageListProxy2770_75_1671_2812_display=130&PageListProxy2770_75_1671_2812_sorrt=Alfabetisk

Elmoko AS presentasjon om maskindirektivet. Hentet fra
<http://www.tavleforeningen.no/fileadmin/Dokumenter/3-Kurs/aarsmote2012/7-eksempler-krav.pdf>

Autogass AS, <http://www.agass.no>

EN 606204-1 Maskinenes elektrisk utrustning del 1: generelle krav. Energi Norge.